



TUGAS AKHIR - RC 14-1501

**PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA -
GRESIK KM. 3+175 - KM. 7+185
MENGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON
DENGAN METODE PPCP (*PRECAST
PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT*)**

Aris Efendi
NRP. 3115 105 018

Dosen Pembimbing I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing II
Ir. Mudji Irmawan, MS

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR - RC 14-1501

**PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA -
GRESIK KM. 3+175 - KM. 7+185
MENGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON
DENGAN METODE PPCP (*PRECAST
PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT*)**

Aris Efendi
NRP. 3115 105 018

Dosen Pembimbing I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing II
Ir. Mudji Irmawan, MS

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT - RC 14-1501

**REDESIGN OF SURABAYA - GRESIK ROAD KM.
3+175 - 7+185 USING PRECAST
PRESTRESSED CONCRETE PAVEMENT**

Aris Efendi
NRP. 3115 105 018

Conseling Lecture I
Ir. Wahyu Herijanto, MT

Conseling Lecture II
Ir. Mudji Irmawan, MS

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA – GRESIK KM. 3+175 – KM. 7+185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARIS EFENDI

Nrp. 3115 105 018

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Wahyu Herijanto, MT

(.....)

2. Ir. Mudji Irmawan, MS

(.....)



**SURABAYA
JULI, 2017**

**PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA –
GRESIK KM. 3+175 – 7+185 MENGGUNAKAN
PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE
PPCP (*PRECAST PRESTRESS CONCRETE
PAVEMENT*)**

Nama Mahasiswa	: Aris Efendi
NRP	: 3115105018
Jurusan	: Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing	: 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT
	: 2. Ir. Mudji Irmawan, MS

Abstrak

Menurut Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang (Kementrian Pekerjaan Umum, 2015) bahwa Beton Semen Pracetak-Prategang atau PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement) adalah solusi alternatif sebagai perkerasan jalan beton yang lebih tipis, mutu yang lebih terkendali jika dibandingkan dengan perkerasan jalan beton konvensional. Telah diketahui bahwa struktur perkerasan jalan beton konvensional terdapat kelemahan pada sambungan melintang dan perkuatannya yaitu salah satunya terjadi retak sehingga mempengaruhi kenyamanan berkendara. Dan didasarkan pada beberapa keunggulan dari beton konvensional yaitu pelaksanaan pekerjaan yang lebih cepat dengan berupa panel – panel pracetak yang langsung dipasang ketika kondisi lapangan sudah siap untuk dikerjakan.

Metode analisa yang digunakan adalah dengan perhitungan perencanaan perkerasan jalan beton semen (PD T-14-2003), Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak – Prategang dan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI2847:2013). Analisa perhitungan perkerasan jalan beton metode PPCP ini mulai dari perhitungan tebal pelat

sampai besarnya stressing pada panjang stressing 140 m (1 segmen).

Hasil perhitungan yang dilakukan didapat tebal pekerasan beton konvensional pada dengan tebal 350 mm hanya sampai pada umur rencana (UR) 5 tahun sedangkan tebal perkerasan dengan metode PPCP dengan umur yang sama didapatkan tebal 200 mm atau lebih tipis karena adanya baja prategang yang membuat beton lebih mampu menahan tarik akibat beban. Baja prategang (strand) yang digunakan diameter 12,7 mm dengan jumlah pada setiap tendon/duct 2(dua) unit strand yang masing – masing terpasang setiap meter pada panel ukuran 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m yang di pasang pada 1 segmen sepanjang 140 m dan distressing setengah dari panjang 1 segmen tersebut atau sepanjang 70 m pada kedua sisi. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan ini adalah sebesar **Rp. 45.396.766.905,26** (Empat Puluh Lima Milyar Tiga Ratus Sembilan Puluh Enam Juta Tujuh Ratus Enam Puluh Enam Ribu Sembilan Ratus Lima Koma Dua Puluh Enam Rupiah).

Kata Kunci : Perencanaan Ulang Jalan, Beton Konvensional, Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement)

REDESIGN OF SURABAYA – GRESIK ROAD KM. 3+175 – 7+185 USING PRECAST PRESTRESSED CONCRETE PAVEMENT

Name Student	: Aris Efendi
NRP	: 3115105018
Departement	: Civil Engineering FTSP-ITS
Supervisor	: 1. Ir. Wahyu Herijanto, MT
	: 2. Ir. Mudji Irmawan, MS

Abstract

According to Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang (Kementrian Pekerjaan Umum, 2015), Precast Prestress Concrete Pavemen (PPCP) is a thinner alternative for concrete pavement, which the quality is more controllable than conventional concrete pavement. We knows that conventional concrete pavement structure has a weakness on transverse joint and one of reinforcement had cracked. So it is affect the comfort of driving. Based on some of the advantages of conventional concrete is has faster construction with precast panels whose direct installed when the conditions are ready.

The analysis method used by calculating “Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd T-14-2003), Pedoman Pelaksanaan Pakerasan Beton Semen Pracetak – Prategang dan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI2847:2013). The concrete pavement analysis calculated using PPCP method, it begin from calculating plate thickness to stressing amount at 140 m stressing length (1 segment).

The calculation result of conventional concrete pavemet with 350 mm thickness only effective in 5 years old. While the thickness of pavement with PPCP method with the same age was found thick 200 mm or thinner. It caused Prestressed steel makes concrete more able to hold tensile loads. Prestressed steel (strand) used 12.7 mm diameters has 2 (two)

*pcs strand on tendon. Which each other installed every one meter on panel with size 3,5 m x 12 m and 3,5 m x 9,5 m. It's installed on one segment along 140 m and distressing a half of the length or 70 m on both sides. Budgetting for this project is **Rp. 45.396.766.905,26** (Spelling number Forty-five billion three hundreds nine ninty six million and seven hundred sixty six thousand and nine hundred five coma twenty six rupiah).*

Key Words : Conventional Concrete, PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement) Method, Road Redesign

KATA PENGANTAR

Tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan. Untuk itu ucapan terima kasih ditujukan terutama kepada :

1. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT. selaku dosen konsultasi proposal tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Mudji Irmawan, MS. selaku dosen konsultasi proposal tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, yang selalu memberikan dukungan dan doanya.
4. Dan pihak – pihak lain yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, masih terdapat banyak kekurangan yang jauh dari sempurna, dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang masih sedikit. Diharapkan segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga apa yang disajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak khususnya teman-teman dari bidang studi teknik sipil.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Lokasi Perencanaan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	7
2.2 Jalan	7
2.2.1 Sistem Jaringan Jalan	7
2.2.2 Fungsi Jalan	8
2.2.3 Status Jalan	8
2.2.4 Kelas Jalan	9
2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan	9
2.3 Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas	10
2.4 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Konvensional	11
2.4.1 Tanah Dasar	12
2.4.2 Pondasi Bawah (Subbase)	12
2.4.3 Pondasi dan Drainase Bawah Permukaan (Sub-surface drainage)	14
2.4.4 Pondasi Bawah Beton Kurus (Lean-Mix Concrete)	14

2.4.5 Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah Dan Plat.....	15
2.4.6 Lalu – Lintas.....	15
2.4.6.1 Lajur Rencana Dan Koefisien Distribusi	15
2.4.6.2 Jumlah Jalur Dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C).....	15
2.4.6.3 Angka Ekvivalen	16
2.4.6.4 Umur Rencana	19
2.4.6.5 Pertumbuhan Lalu-Lintas	20
2.4.6.6 Lalu-Lintas Rencana	20
2.4.6.7 Faktor Keamanan Beban	21
2.4.7 Perhitungan Tebal Pelat Beton Konvensional	22
2.5 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement)	29
2.5.1 Pondasi Bawah Struktur Pelat Perkerasan Beton	29
Pracetak –Prategang	29
2.5.2 Struktur Perkerasan Beton Pracetak - Prategang	30
2.5.3 Panel Beton Semen Pracetak-Prategang	32
2.5.4 Beban Lalu Lintas	37
2.5.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Pelat Beton Pracetak – Prategang	38
2.5.5.1 Perhitungan Tebal Pelat Beton Pracetak - Prategang.....	39
2.5.5.2 Tegangan Tarik Slab Beton Pracetak - Prategang	40
2.5.6 Dimensi Perkerasan Beton Pracetak – Prategang	44
2.5.7 Aplikasi Prategang	45
2.5.8. Besaran Prategang.....	47
2.5.8.1 Tegangan Ijin Pada Beton.....	47
2.5.8.2 Tegangan Ijin Pada Baja Prategang	48
2.5.8.3 Kehilangan Gaya Prategang.....	48
2.5.9 Tipe Strand dan Tendon Unit	55
2.5.10 Jarak Tendon	57
2.5.11 Detail Sambungan	57
2.5.12 Pemasangan Angkur Tanam.....	60
2.5.13 Perhitungan Kait Pengangkat (Lifting Point)	60
2.5.13.1 Kontrol Kapasitas Momen Akibat Pengangkatan	60

2.5.13.2 Perencanaan Tulangan Angkat	61
2.5.12.3 Kontrol Retak Akibat Pengangkatan	62
2.6 Metode Pelaksanaan PPCP	63
2.7 Kontrol Geometrik	64
2.7.1 Alinyement Horizontal	64
2.7.2. Alinyement Vertikal	68
2.8 Rencana Anggaran Biaya	72

BAB III METODOLOGI

3.1 Pekerjaan Persiapan.....	73
3.2 Pengumpulan Data	73
3.3 Analisa Dan Pengolahan Data	73
3.4 Perencanaan Struktur Perkerasan Beton Prategang	74
3.5 Kontrol Geometrik Jalan	74
3.6 Metode Pelaksanaan PPCP	74
3.7 Gambar Rencana	75
3.8 Perhitungan RAB	75
3.9 Kesimpulan Dan Saran	75
3.10 Bagan Metodologi	76

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN

4.1 Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas.....	79
4.1.1 Data Lalu Lintas.....	79
4.1.2 Analisa Data Lalu Lintas.....	82
4.2 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Konvensional	86
4.2.1 Tanah Dasar	86
4.2.2 Pondasi Bawah.....	88
4.2.3 Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah dan Pelat Beton ..	90
4.2.4 Lapis Pondasi Bahu Jalan.....	90
4.2.5 Perhitungan Tebal Perkerasan Beton Konvensional	91
4.2.5.1 Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan	91
4.2.5.2 Analisa Lalu lintas	101
4.2.5.3 Tebal Perkerasan Pelat Beton Konvensional	108
4.3 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement)	134

4.3.1 Pembebanan Lalu Lintas	136
4.3.2 Pondasi Bawah Struktur Perkerasan Beton Pracetak Prategang	139
4.3.3 Perhitungan Tebal Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement)	141
4.3.3.1 Kombinasi Tegangan Tarik Kritis Pada Permukaan Atas Slab Beton Arah Melintang	142
4.3.3.2 Kombinasi Tegangan Tarik Kritis Pada Di bawah Slab Beton Arah Memanjang.....	144
4.3.3.3 Kontrol Tebal	145
4.3.4 Desain Pelat Beton Pracetak – Prategang	147
4.3.5 Penentuan Gaya Prategang dan Jumlah Strand	150
4.3.6 Kontrol Tegangan Pada Tegangan Awal.....	152
4.3.7 Perhitungan Kehilangan Prategang	158
4.3.7.1 Kehilangan Prategang Langsung	158
4.3.7.2 Kehilangan Prategang Tak Langsung	161
4.3.7.3 Total Kehilangan Prategang	164
4.3.8 Kontrol Tegangan Setelah Kehilangan Prategang	164
4.3.9 Kontrol Lendutan	170
4.3.10 Kontrol Momen Nominal.....	173
4.3.11 Kontrol Momen Retak	175
4.3.12 Perhitungan Kebutuhan Tulangan	177
4.4 Detail Sambungan dan Angkur.....	182
4.4.1 Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (Tie Bars)	182
4.4.2 Expansion Joint Arah Melintang.....	183
4.4.3 Sambungan Melintang Antar Panel.....	187
4.4.4 Pemasangan Angkur Tanam	189
4.5 Perbandingan Perkerasan Jalan Beton Konvensional Dengan Beton Metode PPCP.....	189
4.6 Perhitungan Kait Pengangkat (Lifting Point).....	190
4.7 Kontrol Geometrik Jalan	199
4.7.1 Alinyemen Horizontal.....	199
4.7.2 Pelebaran Pada Lengkung Horizontal	213
4.7.3 Alinyemen Vertikal.....	216

BAB V METODE PELAKSANAAN DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1 Metode Pelaksanaan	231
5.2 Rencana Anggaran Biaya	242
5.2.1 Volume Pekerjaan.....	242
5.2.2 Harga Satuan Pekerjaan	248
5.2.3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	267

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	269
6.1 Saran	270

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Lokasi	5
Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Beton Konvensional.....	11
Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli.....	12
Gambar 2.3 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk	13
Gambar 2.4 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah	13
Gambar 2.5 Tipikal Struktur Lapisan Drainase Pada Struktur Perkerasan Jalan.....	14
Gambar 2.6 Sistem perencanaan perkerasan beton semen	22
Gambar 2.7 Analisis fatik dan beban repetisi ijin	26
Gambar 2.8 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ijin,	27
Gambar 2.9 Contoh grafik perencanaan, $F_{cf} = 4,25 \text{ MPa}$, lalu lintas luar kota, dengan ruji, $F_{kb} = 1,1$	28
Gambar 2.10 Hubungan antara CBR dan Modulu Reaksi	30
Gambar 2.11 Pemasangan Panel Melintang	31
Gambar 2.12 Pemasangan Panel Memanjang.....	32
Gambar 2.13 Panel Pusat (Central Panel,CP)	33
Gambar 2.14 Panel Dasar (Base Panel,BP)	33
Gambar 2.15 Panel Sambungan (Joint Panel,JP)	33
Gambar 2.16 Pemasangan Panel Pracetak - Prategang	35
Gambar 2.17 Pemberian Post-tension pada Pracetak - Prategang	36
Gambar 2.18 Grouting pada Pracetak – Prategang setelah Post- tension	36
Gambar 2.19 Konsep Tegangan ke Pusat	36
Gambar 2.20 Beban Lajur “D”	37
Gambar 2.21 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	38
Gambar 2.22 Tegangan Fleksural Maksimum pada Arah memanjang dan Melintang, dan Lendutan Tepi pada Sumbu 20 kip (90kN).....	43
Gambar 2.23 Post-Tension Pada Panel Beton	46
Gambar 2.24 Detail Post-Tension Pada Joint Panel Beton	47

Gambar 2.25 Pemasangan Dowel Pada Joint Panel.....	58
Gambar 2.26 Topi Pelindung Pemuaian Ruji (Dowel Expansion Cup).....	58
Gambar 2.27a Dimensi Sambungan Lidah Alur	59
Gambar 2.27b Tipikal Perkuatan Sambungan Lidah Alur	59
Gambar 2.28 Tipikal Perkuatan Sambungan Lidah Alur	60
Gambar 2.29 Diagram Momen Saat Pengangkutan Pelat Pracetak Dengan Empat Titik Point Angkat.....	61
Gambar 2.30 Bagan Alur Pelaksanaan PPCP	63
Gambar 2.31 Lengkug Full Circle	66
Gambar 2.32 Lengkug Spiral-Circle-Spiral	68
Gambar 2.33 Lengkung Vertikal Cembung ($S < L$)	69
Gambar 2.34 Lengkung Vertikal Cembung ($S > L$)	69
Gambar 2.35 Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S < L$)	70
Gambar 2.36 Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S > L$)	71
Gambar 3.1 Bagan Metodologi	77
Gambar 4.1 Grafik CBR Tanah Dasar	87
Gambar 4.2 Tebal Pondasi Bawah Minimum	88
Gambar 4.3 CBR Tanah Dasar Efektif	89
Gambar 4.4 Struktur Perkerasan Kaku	90
Gambar 4.5 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRT ($FRT = 0,15$).....	112
Gambar 4.6 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FRT = 0,26$)	113
Gambar 4.7 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FRT = 0,25$)	114
Gambar 4.8 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRT ($FE = 1,71$).....	115

Gambar 4.9 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FE = 2,31$).....	116
Gambar 4.10 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FE = 2,55$).....	117
Gambar 4.11 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRT ($FRT = 0,12$).....	122
Gambar 4.12 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FRT = 0,21$)	123
Gambar 4.13 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FRT = 0,21$)	124
Gambar 4.14 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRT ($FE = 1,51$).....	125
Gambar 4.15 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FE = 2,11$).....	126
Gambar 4.16 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FE = 2,39$).....	127
Gambar 4.17 Detail Perkerasan Jalan Beton Konvensional	133
Gambar 4.18 Pemasangan Panel Pracetak – Prategang dan Panjang Pemberian Prategang	134
Gambar 4.19 Panel Pusat (Center Panel, CP)	135
Gambar 4.20 Panel Dasar (Base Panel, BP)	135
Gambar 4.21 Panel Sambungan (Joint Panel, JP)	135
Gambar 4.22 Permodelan Panel Pada SAP2000.....	136
Gambar 4.23 Pembeban Truk “T” (500kN).....	137
Gambar 4.24 Pembeban Lalu Lintas Pada SAP2000.....	138
Gambar 4.25 Hubungan antara CBR dan Modulus Rekasi Tanah Dasar	139

Gambar 4.26 Permodelan Pelat Beton Precast dengan Tumpuan Spring	140
Gambar 4.27 Permodelan Spring Pada SAP2000	140
Gambar 4.28 Tegangan Fleksural Maksimum Permukaan Slab	143
Gambar 4.29 Tegangan Fleksural Maksimum di Bawah Slab	145
Gambar 4.30 Detail Perkerasan Jalan Beton Precast - Prestress	147
Gambar 4.31 Panel Beton Pracetak - Prategang	149
Gambar 4.32 Penampang Pelat Prategang dan Sistem Pemberian Prategang	150
Gambar 4.33 Output Momen SAP2000 Panel 3,5 m x 12 m	153
Gambar 4.34 Output Momen SAP2000 Panel 3,5 m x 9,5 m ...	154
Gambar 4.35 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan	155
Gambar 4.36 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan	156
Gambar 4.37 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan	157
Gambar 4.38 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan	158
Gambar 4.39 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Sebelum Kehilangan Prategang	165
Gambar 4.40 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Sebelum Kehilangan Prategang	166
Gambar 4.41 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Setelah Kehilangan Prategang	167
Gambar 4.42 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Setelah Kehilangan Prategang	168
Gambar 4.43 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan dan Setelah Kehilangan Prategang	169
Gambar 4.44 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan dan Setelah Kehilangan Prategang	170
Gambar 4.45 Detail Tulangan Pelat Beton	182
Gambar 4.46 Plan Pemasangan Tibars dan Dowel pada	185
Gambar 4.47 Tampak Atas Pemasangan Tie bars Pada Panel Ukuran 3,5 x 9,5 m	186
Gambar 4.48 Detail Pemasangan Tie bars Arah Memanjang Pada Panel Ukuran 3,5 x 9,5 m	186

Gambar 4.49 Detail Pemasangan Dowel Arah Melintang	187
Gambar 4.50 Detail Sambungan Lidah Alur	187
Gambar 4.51 Isometri Sambungan Lidah Alur Antar Panel	188
Gambar 4.52 Pemasangan Angkur Tanam	189
Gambar 4.53 Diagram Momen Saat Pengangkatan	191
Gambar 5.1 Alur Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Jalan Dengan Metode PPCP	231
Gambar 5.2 Pemasangan Mould (Cetakan)	232
Gambar 5.3 Install Pembesian dan Duct Post-tension	233
Gambar 5.4 Pengcoran Beton dan Grofing Permukaan Beton	234
Gambar 5.5 Pekerjaan Tanah (Sub base)	235
Gambar 5.6 Pekerjaan Lean Concrete (LC)	236
Gambar 5.7 Ilustrasi Instalasi Panel PPCP Dalam Satu Segemen	236
Gambar 5.8 Pemasangan Lembar Polyethylene (Plastik)	237
Gambar 5.9 Unloading Panel	238
Gambar 5.10 Proses Epoxy Pada Sambungan Panel	239
Gambar 5.11 Pemasangan Turn Buckle Pengunci Panel Sementara	239
Gambar 5.12 Proses Pemberian Prategang (Stressing)	240
Gambar 5.13 Proses Grouting Pada Saluran Post-Tension	241
Gambar 5.14 Proses Goruting Pada Rongga atau Kantong Prategang	241

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan	10
Tabel 2.2 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana	16
Tabel 2.3 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan	17
Tabel 2.4 Konfigurasi Sumbu Beban Kendaraan	18
Tabel 2.5 Beban Kendaraan Berat VDF Aktual Hasil Survey WIM Tahun 2010 di Pantura	19
Tabel 2.6 Bagan Desain Pekerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat	21
Tabel 2.7 Faktor keamanan beban (Fkb)	21
Tabel 2.8 Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan Beton Semen	23
Tabel 2.9 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton	25
Tabel 2.10 Nilai Koefisien gesekan (μ)	26
Tabel 2.12 Tegangan Tarik Pada Dasar Slab	43
Tabel 2.13 Nilai Koefisien Wobble dan koefisien kelengkungan	50
Tabel 2.14 Nilai Koefisien Faktor Susut	53
Tabel 2.15 Nilai Kre dan J	54
Tabel 2.16 Nilai C	54
Tabel 2.17 Strand Properties	56
Tabel 2.18 Tendon Properties	56
Tabel 2.19 Harga R Min dan mask untuk Beberapa	65
Tabel 2.20 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum	71
Tabel 2.21 Jarak Pandang Mendahului (Jd)	72
Tabel 4.1 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Tahun 2014 Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)	80
Tabel 4.2 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Tahun 2016 Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)	80

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)	81
Tabel 4.4 Ekr untuk jalan 2/2 TT	82
Tabel 4.5 Perhitungan LHR (smp/hari) Tahun 2014	83
Tabel 4.6 Perhitungan LHR (smp/hari) Tahun 2016	83
Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan Pertumbuhan LHR	85
Tabel 4.8 Data CBR Tanah Dasar	86
Tabel 4.9 Bagan Desain Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat	89
Tabel 4.10 Pengelompokan Kendaraan Niaga Sesuai	91
Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu Kendaraan	93
Tabel 4.12 Rekapitulasi LHR Tahun 2017	101
Tabel 4.13 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya (Beban Standar Bina Marga)	103
Tabel 4.14 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya (Beban VDF Aktual)	104
Tabel 4.15 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana	106
Tabel 4.16 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana (Beban Standar Bina Marga)	107
Tabel 4.17 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana (Beban VDF Aktual)	107
Tabel 4.18 Faktor Keamanan Beban (FKB)	109
Tabel 4.19 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton	109
Tabel 4.20 Analisa Fatik dan Erosi	111
Tabel 4.21 Faktor Keamanan Beban (FKB)	118
Tabel 4.22 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton	119
Tabel 4.23 Analisa Fatik dan Erosi	120
Tabel 4.24 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana	129
Tabel 4.25 Faktor Keamanan Beban (FKB)	130

Tabel 4.26 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton	130
Tabel 4.27 Analisa Fatik dan Erosi.....	132
Tabel 4.28 Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab	142
Tabel 4.29 Tegangan Tarik Pada Dasar Slab	144
Tabel 4.30 Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab	144
Tabel 4.31 Diameter Ruji	183
Tabel 5.1 Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan	249
Tabel 5.2 Analisa HSPK Pembersihan Lapangan	251
Tabel 5.3 HSPK Galian Tanah Dasar	251
Tabel 5.4 Analisa HSPK Lapis Pondasi Agregat Kelas A	252
Tabel 5.5 Analisa HSPK Lapis Pondasi Lean-Mix Concrete ...	253
Tabel 5.6 Analisa HSPK Pembesian Beton, Besi BJTP-24	254
Tabel 5.7 Analisa HSPK Pembesian Beton, Besi BJTP-39	255
Tabel 5.8 Analisa HSPK Bekisting	256
Tabel 5.9 Analisa HSPK Campuran Beton K-500.....	256
Tabel 5.10 Analisa HSPK Base Panel (3,5 x 12) m.....	257
Tabel 5.11 Analisa HSPK Base Panel (3,5 x 9,5) m.....	258
Tabel 5.12 Analisa HSPK Central Panel (3,5 x 12) m.....	258
Tabel 5.13 Analisa HSPK Central Panel (3,5 x 9,5) m.....	259
Tabel 5.14 Analisa HSPK Joint Panel (3,5 x 12) m.....	260
Tabel 5.15 Analisa HSPK Joint Panel (3,5 x 9,5) m.....	260
Tabel 5.16 Analisa HSPK Install Panel	261
Tabel 5.17 Analisa HSPK Stressing Panel 70 m	262
Tabel 5.18 Analisa HSPK Grouting Kabel Stressing 70 m.....	263
Tabel 5.19 Analisa HSPK Grouting Lubang Stressing	264
Tabel 5.20 Analisa HSPK Pemasangan Angkur Tanam	264
Tabel 5.21 Analisa HSPK Pemasangan Tiebar Ø16mm – 700 mm	265
Tabel 5.22 Analisa HSPK Pemasangan Tiebar Ø33mm – 500 mm	266
Tabel 5.23 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)	267

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekarang ini pemerintah mempunyai suatu rencana untuk memperbaiki infrastruktur salah satunya adalah transportasi yang lebih di utamakan untuk meningkatkan perekonomian negara. Dalam hal ini infrastruktur pada transportasi darat yang akan lebih ditinjau. Pembangunan jalan di Indonesia sudah mulai meningkat dan lebih baik seiring dengan perkembangan dan metode yang digunakan. Di Indonesia pembangunan jalan sekarang ini sudah lebih berkembang dengan salah satunya yaitu penggunaan perkerasan jalan beton metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) yang sudah di aplikasikan pada pembangunan Tol Kanci (Cirebon) – Pejagan (Brebes) dan dalam perkembangan nya di harapkan bisa mengurangi kerusakan akibat beban yang lebih dari rencana, masalah kelemahan pada sambungan dan pelaksanaan yang cepat serta umur rencana yang lebih lama.

Menurut Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang (*Kementrian Pekerjaan Umum, 2015*) bahwa Beton Semen Pracetak-Prategang atau PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) adalah solusi alternatif sebagai perkerasan jalan yang lebih tipis, mutu yang lebih terkendali jika dibandingkan dengan perkerasan beton konvensional. Telah diketahui bahwa struktur perkerasan jalan beton konvensional terdapat kelemahan pada sambungan melintang dan perkuatanya yaitu salah satunya terjadi retak sehingga mempengaruhi kenyamanan berkendara. Perkerasan jalan beton dengan metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) ini memiliki perbedaan mendasar dengan beton konvensional yaitu pelaksanaan perkerasan beton yang dibuat berupa panel – panel pracetak dengan ukuran yang lebih panjang sehingga dapat mengurangi jumlah sambungan dan diharapkan tidak ada retak yang terjadi serta tidak memerlukan waktu yang lama untuk

dibukanya kendaraan berlalu lintas. Dengan menggunakan prategang, tebal perkerasan beton bisa lebih tipis sekitar 40% - 50% dari pada beton konvensional pada kondisi lapisan dasar dan lalu lintas yang sama (AASHTO, 1993).

Saat ini pada Ruas Jalan di Surabaya – Gresik Km. 3+175 – 7+185 ini merupakan jalan arteri primer yang menghubungkan antara Surabaya dan Gresik. Selain itu jalan tersebut adalah jalan utama satu-satunya jalan non tol pada jalur pantura. Jalan tersebut memiliki peranan penting karena wilayah sekitar adalah pusat industri perdagangan dan pelabuhan yang memiliki jumlah lalu lintas yang padat pada hari kerja dan jam-jam sibuk. Kerusakan struktur jalan yang sering terjadi akibat beban kendaraan yang berlebih sering mengakibatkan kecelakaan dan ketidak nyamanan pengendara dalam berlalu lintas. Secara umum jalan ini mempunyai topografi yang datar sehingga perlu dikembangkan karena jalan tersebut memiliki peranan penting sebagai transportasi darat dengan angkutan yang besar. Pada tahun 2004 *Luh M.Chang Cs* membuat sebuah percobaan perkerasan jalan beton metode PPCP yang terletak di frontage jalan di Texas, AS. Dari hasil studi kelayakan yang dilakukan oleh *Indiana Departement of Transportation* dan *The U.S. Departement of Transportation Federal Highway Administration (FHWA)* terhadap percobaan tersebut menyebutkan bahwa penggunaan perkerasan beton prategang dalam bentuk komponen *practeak* terbukti lebih efisien dalam pelaksanaanya.

Berdasarkan paparan diatas maka dalam Tugas Akhir ini akan membahas tentang Perencanaan Ulang Jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – 7+185 Menggunakan Perkerasan Jalan Beton Dengan Metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*). Dalam hal ini akan dilakukan berdasarkan referensi bahwa perkerasan jalan beton dengan metode PPCP ini sangat sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini masalah yang dilihat terkait pada latar belakang yang telah dijelaskan di atas, sehingga perumusan masalah dapat ditinjau dari segi teknik perencanaan jalan sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisa pertumbuhan lalu lintas jalan sampai umur rencana (UR) 40 tahun ?
2. Bagaimana menentukan tebal perkerasan beton konvensional sampai dengan umur rencana (UR) 40 tahun yang kemudian di modifikasi dengan metode PPCP pada segmen jalan tersebut ?
3. Bagaimana aplikasi prategang pada perkerasan beton metode PPCP ?
4. Bagaimana kontrol geometrik jalan (trase, long section dan cross section) untuk hasil perencanaan jalan tersebut ?
5. Berapa rencana anggaran biaya total yang diperlukan untuk perencanaan jalan tersebut ?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan pada perumusan masalah diatas maka tujuan adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pertumbuhan lalu lintas jalan sesuai dengan umur rencana (UR) 40 Tahun.
2. Untuk menghitung tebal perkerasan beton dengan metode PPCP pada segmen jalan tersebut.
3. Menghitung kebutuhan gaya prategang pada perkerasan beton yang direncanakan.
4. Mengontrol geometrik (trase,long section dan cross section) jalan pada segmen jalan yang di rencanakan.
5. Menghitung rencana anggaran biaya total yang diperlukan untuk perencanaan jalan tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan perkerasan jalan beton konvensional sesuai dengan Pd T-14-2003.
2. Perencanaan perkerasan beton dengan metode PPCP menggunakan Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor: 15/SE/M/2015), AASHTO 1993, Recommendations for Designing Prestressed Concrete Pavements (ACI 325.7R-88) dan Kajian Perancangan Perkerasan Jalan Beton Prategang (Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, A. Tatang Dachlan 2011).
3. Perumusan yang digunakan sesuai dengan literatur yang ada.
4. Tidak menghitung dan merencanakan design bangunan pelengkap (jembatan, dinding penahan tanah, dan gorong – gorong serta persimpangan jalan).
5. Tidak merencanakan saluran tepi atau drainase jalan.
6. Dalam perencanaan ulang jalan ini tidak diperhitungkan pelebaran jalan.
7. Perencanaan lalu lintas jalan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI'14).
8. Gemoterik jalan hanya sampai tahap kontrol kesesuaian meliputi trase, long section dan cross section.

1.5 Manfaat

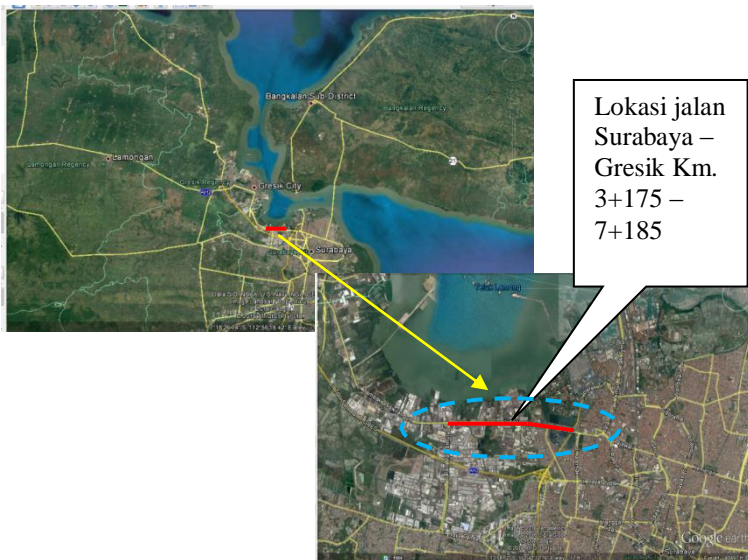
Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir Perencanaan Ulang Jalan di Pantura Menggunakan Perkerasan Jalan Beton Dengan Metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) adalah sebagai berikut :

- Dapat mengetahui dan melakukan analisa bagaimana design perencanaan jalan khususnya perencanaan jalan dengan perkerasan beton yang menggunakan metode PPCP.

- Sebagai tinjauan alternatif pekerjaan perkerasan beton konvensional yang waktu dan pelaksanaan lebih panjang dari pada metode PPCP serta kontrol kualitas pelaksanaan di lapangan yang dapat di kontrol lebih baik sesuai dengan rencana.
- Mampu menghitung rencana anggaran biaya total untuk pembangunan konstruksi dari perencanaan jalan tersebut.

1.6 Lokasi Perencanaan

Pada gambar di bawah ini menunjukkan lokasi perencanaan di jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – 7+185 :



Gambar 1.1 Peta Lokasi

Sumber : <https://www.google.co.id/maps/@-7.2291741,112.7129634,3206m/data=!3m1!1e3?hl=en>,
tanggal 17 Januari 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Untuk merencanakan sebuah jalan dibutuhkan teori – teori yang menunjang untuk memperoleh sebuah desain yang ideal dan nyaman untuk para pengguna jalan. Untuk itu teori yang digunakan untuk perencanaan meliputi teori pembebanan lalu lintas (trip assignment), perencanaan tebal perkerasan beton, perencanaan drainase, serta peraturan rencana anggaran biaya . Berikut merupakan penjelasan teori penunjang proposal akhir ini.

2.2 Jalan

Menurut UU No. 38/2004 dan PP No. 34/2006 serta Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota (No. 038/TBM/1997) jalan dapat dikelompokkan menjadi 5 (empat) hal, yaitu :

1. Sistem jaringan jalan;
2. Fungsi jalan;
3. Status jalan;
4. Kelas jalan
5. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

2.2.1 Sistem Jaringan Jalan

Menurut PP No. 34/2006 sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari 2 (dua) sistem jaringan :

1. Sistem Jaringan Jalan Primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat – pusat kegiatan sebagai berikut :

- Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan local sampai ke pusat kegiatan lingkungan; dan
- Menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Sistem Jaringan Jalan Sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

2.2.2 Fungsi Jalan

Menurut PP No. 34/2006 berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas serta angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan :

1. Jalan Arteri; Merupakan akses jalan penghubung angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, serta jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor; Merupakan akses jalan penghubung angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang serta jumlah akses jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal; Merupakan akses jalan penghubung angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, serta jumlah akses jalan masuk tidak dibatasi.
4. Lingkungan; Merupakan jalan yang melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.3 Status Jalan

Menurut PP No. 34/2006 Jalan statusnya di kelompokkan menjadi 5 (lima) yaitu :

1. Jalan Nasional; Jalan dengan pengelolaan dan wewenanganya berada di tingkat nasional.
2. Jalan Propinsi; jalan dengan pengelolaan dan wewenanganya berada di tingkat propinsi
3. Jalan Kabupaten; Jalan dengan pengelolaan dan wewenanganya berada di tingkat kabupaten.

4. Jalan Kota; Jalan dengan pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat kota.
5. Jalan Desa; Jalan dengan pengelolaan dan wewenangnya berada di tingkat desa.

2.2.4 Kelas Jalan

Menurut PP No. 34/2006 penentuan kelas jalan ditetapkan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan meliputi pengendalian jalan masuk, persimpangan sebidang, jumlah dan lebar lajur, ketersediaan median serta pagar yang terdiri dari:

- a) Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan; dimana meliputi pengendalian jalan masuk secara penuh, tidak ada persimpangan sebidang, terdapat pagar ruang milik jalan, dan dilengkapi dengan median, yang paling sedikit memiliki 2 (dua) lajur setiap arah, serta lebar lajur sekurang-kurangnya 3,5 (tiga koma lima) meter.
- b) Spesifikasi jalan raya; merupakan jalan umum untuk lalu lintas dengan akses jalan masuk yang dibatasi serta dilengkapi dengan median, yang paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah, lebar lajur sekurang-kurangnya 3,5 (tiga koma lima) meter.
- c) Spesifikasi jalan sedang adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan akses jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 7 (tujuh) meter.
- d) Spesifikasi jalan kecil adalah jalan umum yang dibuat untuk lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar jalur paling sedikit 5,5 meter.

2.2.5 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang di ukur tegak lurus garis kontur dalam hal ini klasifikasi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

Sumber : Tata Cara Perencanaan Jalan Antar
KotaNo.38/TBM/1997

2.3 Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk menentukan nilai pertumbuhan lalu lintas maka digunakan analisa data lalu lintas yang didapatkan dari data sekunder yaitu lalu lintas harian rata – rata (LHR) pada ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km 7+185 yang kemudian diolah menjadi LHR rencana sampai umur rencana. Langkah awal dalam penentuan LHR adalah dengan menentukan jam puncak pada LHR total kedua 2 arah pada setiap tahun. LHR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$k = \frac{Q_{jp}}{LHR} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q_{jp} = Arus jam puncak (kend/jam)

LHR = Lalu lintas harian rata-rata (kend/hari)

k = 0,11 (faktor pengali untuk jalan luar kota)

Dengan didapatnya data nilai LHR pada tahun tertentu dengan lebih dari satu tahun maka dapat di perhitungkan pertumbuhan rata – rata lalu lintas pada suatu ruas jalan tertentu dengan rumus *future value* yang dapat dilihat sebagai berikut :

$$P_t = P_o \times (1+r)^t \dots\dots\dots(2.2)$$

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o} \right)^{1/t} - 1 \dots\dots\dots(2.3)$$

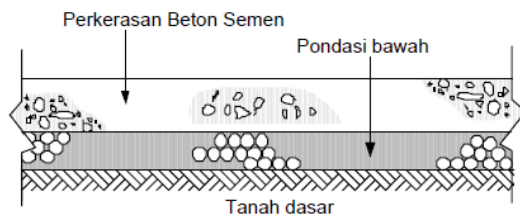
Dimana :

- r = laju pertumbuhan per tahun (%)
 P_t = Jumlah kendaraan pada tahun tertentu (t)
 P_o = Jumlah kendaraan pada awal tahun
 t = Jangka waktu (tahun)

2.4 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Konvensional

Perkerasan jalan beton konvensional adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan berasapal. Pada perkerasan jalan beton konvensional daya dukung terutama diperoleh dari pelat beton yang mempunyai sifat daya dukung dan keseragaman tanah dasar yang akan mempengaruhi kekuatan dan keawetan perkerasan jalan beton itu sendiri. Dengan penggunaan perkerasan beton diharapkan memiliki kerusakan yang sedikit bila terjadi beban yang lebih besar dari yang direncanakan sehingga pada umur rencana mengalami kurusakan yang sedikit dari pada perkerasan jalan aspal. Dalam hal ini Perkerasan Jalan Beton Konvensional di bagi menjadi 3 jenis :

1. Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Beton Konvensional

Sumber : Pd T-14-2003

2.4.1 Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR dilapangan maupun di laboratorium. Nilai CBR minimum untuk perencanaan perkerasan kaku adalah 2%. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton krus (*Lean-Mix Conrete*) dengan tebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5%.

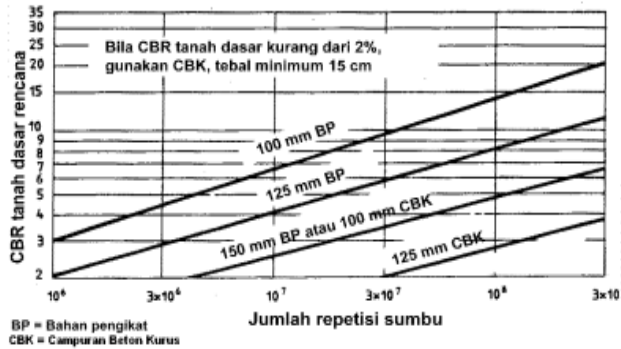


Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

2.4.2 Pondasi Bawah (Subbase)

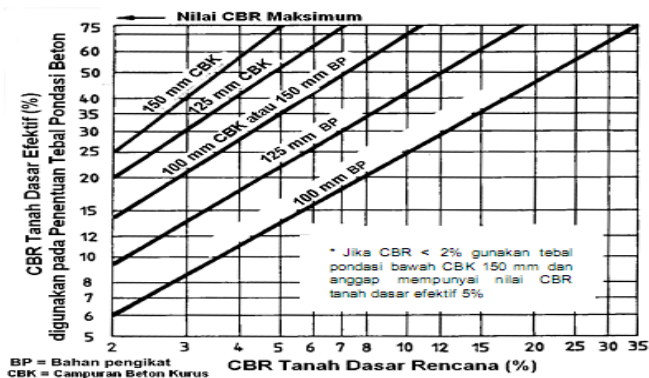
Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat diperoleh pada Gambar 2.3 sehingga CBR tanah dasar efektif juga dapat diperoleh dengan menggunakan Gambar 2.4 bawah ini:



Gambar 2.3 Tebal Pondasi Bawah Minimum Untuk Perkerasan Beton

Sumber : Pd T-14-2003

Dari nilai CBR tanah dasar yang sudah di dapatkan pada lokasi proyek akhir maka langkah kemudian diplokan pada Gambar 2.3 dengan korelasi jumlah repetisi sumbu kendaraan yang dihitung berdasarkan jenis kendaraan sehingga di dapat tebal dan jenis lapisan bawah yang sesuai. Dan untuk mendapatkan CBR tanah dasar efektif dapat menggunakan Gambar 2.4.

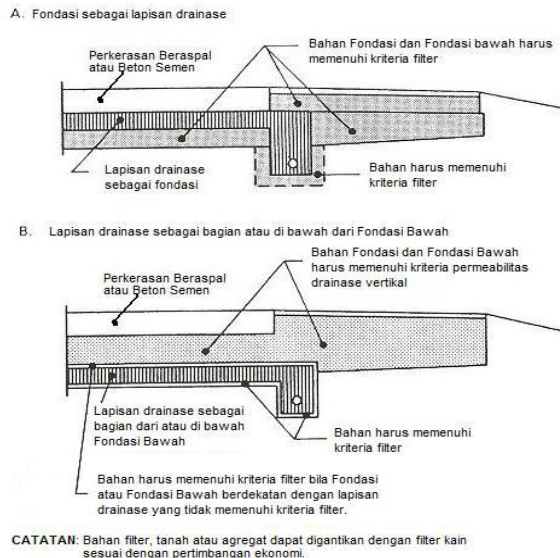


Gambar 2.4 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

Sumber : Pd T-14-2003

2.4.3 Pondasi dan Drainase Bawah Permukaan (Sub-surface drainage)

Pada kondisi tertentu terutama di daerah yang sering turun hujan dan terdapat masalah drainase. Perkerasan beton perlu dirancang menggunakan lapisan pondasi sebagai lapisan berdrainase (drainage layer). Lapisan berdrainase merupakan bagian dari atau dibawah pondasi bawah. Dalam Gambar 2.5 dibawah ini ditunjukkan secara typical posisi pondasi lapisan berdrainase atau draianse bawah permukaan (AASHTO 1993, p I-18).



Gambar 2.5 Tipikal Struktur Lapisan Drainase Pada Struktur Perkerasan Jalan

Sumber : AASHTO 1993, p I-18

2.4.4 Pondasi Bawah Beton Kurus (Lean-Mix Concrete)

Di daerah yang jarang terjadi hujan dan banjir dapat digunakan beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) sebagai pondasi

bawah dan lantai kerja dengan memperhatikan persyaratan berikut :

- 1) Kuat tekan umur 28 hari
- 2) Rasio air semen maksimum
- 3) Kelecekan (slump) minimum untuk acuan tetap dan maksimum untuk acuan bergerak.

2.4.5 Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah Dan Plat

Dibawah lapisan beton semen pracetak-prategang tidak diperlukan membran yang berupa plastik (*polyethylene*) kedap air karena beton semen pracetak-prategang sudah mengalami proses penyusutan dan pengerasan. Kecuali diperlukan untuk memperkecil friksi antara dasar panel dan lapisan di bawahnya pada saat di lakukan penegangan dengan pascatarik (post-tension). Bila diperlukan sambungan, harus dibuat tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm dan membrane harus memiliki nominal tebal minimum 0,15 mm (*Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang*, 2015).

2.4.6 Lalu – Lintas

2.4.6.1 Lajur Rencana Dan Koefisien Distribusi

Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

2.4.6.2 Jumlah Jalur Dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah

lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

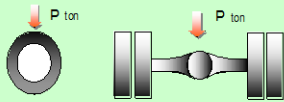


Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

Sumber : Pd T-14-2003

2.4.6.3 Angka Ekuivalen

Angka ekuivalen (E) dari suatu sumbu kendaraan adalah angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban standart sumbu tunggal seberat 8,16 ton (1800 lbs) Karena beban sumbu kendaraan memiliki nilai yang beraneka ragam beban maka beban sumbu tunggal seberat 8,16 ton , sehingga dapat dihasilkan besaran ekuivalen yang sesuai dengan peraturan yang ada. Beban sumbu dapat dihitung dengan menggunakan cara distribusi beban sumbu dari berbagai jenis kendaraan yang ditunjukan pada Tabel 2.3.









Tabel 2.3 Angka Ekivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Jumlah Sumbu	Konfigurasi Sumbu	Rumus
Tunggal		$\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tandem/Ganda		$0.086x\left(\frac{P}{8.16}\right)^4$
Tridem		$0.0148\left(\frac{P}{8.16}\right)^{4.352}$

Sumber : Perencanaan tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga






Konfigurasi sumbu tunggal mempunyai pengaruh yang sangat besar pada kerusakan jalan dibandingkan dengan sumbu ganda. Pada desain perkerasan kaku ini didasarkan pada distribusi kelompok kendaraan niaga (*vehicle axle group, HVAG*) dan bukan pada nilai CESA. Karakteristik proporsi sumbu dan proporsi beban untuk setiap kelompok sumbu berdasarkan standar Bina Marga dan beban kendaraan berat menggunakan hasil survey beban menggunakan *weight in motion* (WIM) tahun 2010 pada jalan pantura dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Konfigurasi Sumbu Beban Kendaraan

Konfigurasi Sumbu dan Type	Berat Kosong (Ton)	Berat Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	UE 18 KSAI KOSONG	UE 18 KSAI MAKSIMUM	
1.1 MP	1.5	0.5	2	0.0001	0.0004	 ↓ 50% ↓ 50%
1.2 BUS	3	6	9	0.0037	0.3006	 ↓ 34% ↓ 66%
1.2L Truck	2.3	6	8.3	0.0013	0.2174	 ↓ 34% ↓ 66%
1.2H Truck	4.2	14	18.2	0.0143	5.0264	 ↓ 34% ↓ 66%
1.22 Truck	5	20	25	0.0044	2.7416	 ↓ 25% ↓ 75%
1.2+2.2 Trailer	6.4	25	31.4	0.0085	4.9283	 ↓ 16% ↓ 36% ↓ 24% ↓ 24%
1.2-2 Trailer	6.2	20	26.2	0.0192	6.1179	 ↓ 16% ↓ 41% ↓ 41%
1.2-22 Trailer	10	32	42	0.0327	10.183	 ↓ 16% ↓ 28% ↓ 54%

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

Tabel 2.5 Beban Kendaraan Berat VDF Aktual Hasil Survey WIM Tahun 2010 di Pantura

NO	VEHICLE TYPES	ACTUAL VDF			LEGAL LIMIT VDF MST 10 TON
		WIM 2007	WIM 2009	WIM 2010	
1	6B (1.2H) 	69,626	16,966	14,685	3,898
2	7A (1.2.2) 	64,549	6,785	14,161	3,679
3	7C1 (1.2+2.2) 	47,143	29,162	39,368	5,934
4	7C2 (1.2+2.2.2) 	99,516	69,692	82,917	6,222
5	7C3 (1.2.2+2.2.2) 	56,819	64,234	52,991	6,003

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

2.4.6.4 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 40. Pada proyek Akhir ini umur rencana yang digunakan adalah 40 tahun.

2.4.6.5 Pertumbuhan Lalu-Lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam (%).

UR = Umur rencana (tahun)

2.4.6.6 Lalu-Lintas Rencana

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana .

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R = Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C = Koefisien distribusi kendaraan (Tabel 2.2)

Dari perhitungan nilai Jumlah Total sumbu kendaraan Niaga selama umur rencana (JSKN) maka untuk menentukan asumsi tebal awal perkerasan beton bisa dilihat pada Tabel 2.6 yang kemudian bisa digunakan atau tidak maka dilakukan koreksi pada

analisa fatik dan erosi dengan menentukan tebal pondasi bawah minimum dan CBR efektif.

Tabel 2.6 Bagan Desain Pekerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) ¹¹	<4,3x10 ⁶	<8,6 x 10 ⁶	< 25,8 x 10 ⁶	<43 x 10 ⁶	<86 x 10 ⁶
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²	150				

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

2.4.6.7 Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.7 dibawah ini :

Tabel 2.7 Faktor keamanan beban (Fkb)

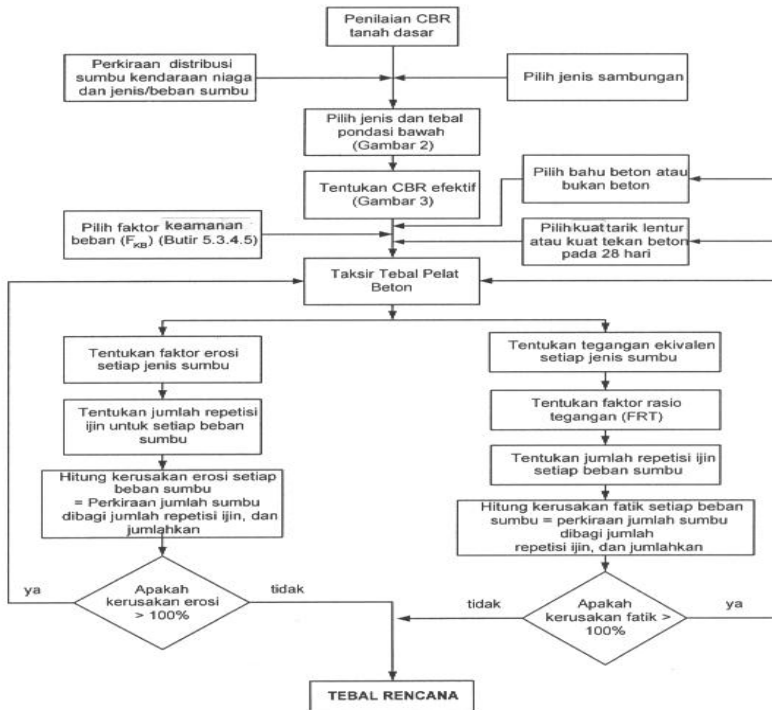
No.	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1	Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu-lintas dari hasil survai beban (<i>weight-in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (<i>freeway</i>) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah.	1,0

Sumber : Pd T-14-2003

2.4.7 Perhitungan Tebal Pelat Beton Konvensional

Tebal pelat taksiran dipilih dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu-lintas selama umur rencana. Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikan dan proses perencanaan diulangi. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

Langkah-langkah perencanaan tebal pelat diperlihatkan pada Gambar 2.6 dan Tabel 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.6 Sistem perencanaan perkerasan beton semen

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 2.8 Langkah-Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan
Beton Semen

Langkah	Uraian Kegiatan
1	Pilih jenis perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, bersambung dengan ruji, atau menerus dengan tulangan.
2	Tentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan.
3	Tentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan nilai CBR rencana dan perkiraan jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana sesuai dengan
4	Tentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih sesuai dengan Gambar 2.4,
5	Pilih kuat tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (f_{cf})
6	Pilih faktor keamanan beban lalu lintas (F_{KB})
7	Taksir tebal pelat beton (taksiran awal dengan tebal tertentu berdasarkan pengalaman atau menggunakan contoh yang tersedia atau dapat menggunakan Gambar 2.9
8	Tentukan tegangan ekivalen (TE) dan faktor erosi (FE) untuk STRT,STRG,STdRG dari Tabel 2.9
9	Tentukan faktor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) oleh kuat tarik-lentur (f_{cf}).
10	Untuk setiap rentang beban kelompok sumbu tersebut, tentukan beban per roda dan kalikan dengan faktor keamanan beban (F_{kb}) untuk menentukan beban rencana per roda. Jika beban rencana per roda ≥ 65 kN (6,5 ton), anggap dan gunakan nilai tersebut sebagai batas tertinggi pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8
11	Dengan faktor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah repetisi ijin untuk fatik dari Gambar 2.7, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT, STRG dan STdRG tersebut.

Lanjutan Tabel 2.8

Langkah	Uraian Kegiatan
12	Hitung persentase dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
13	Dengan menggunakan faktor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi, dari Gambar 2.8.
14	Hitung persentase dari repetisi erosi yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
15	Ulangi langkah 11 sampai dengan 14 untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang terbaca pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 yang mencapai 10 juta dan 100 juta repetisi.
16	Hitung jumlah total fatik dengan menjumlahkan persentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah total erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
17	Ulangi langkah 8 sampai dengan langkah 16 untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
18	Hitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh jenis kelompok sumbu.
19	Ulangi langkah 7 sampai dengan langkah 18 hingga diperoleh ketebalan tertipis yang menghasilkan total kerusakan akibat fatik dan atau erosi $\leq 100\%$. Tebal tersebut sebagai tebal perkerasan beton semen yang direncanakan.

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 2.9 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi untuk Perkerasan
Tanpa Bahu Beton

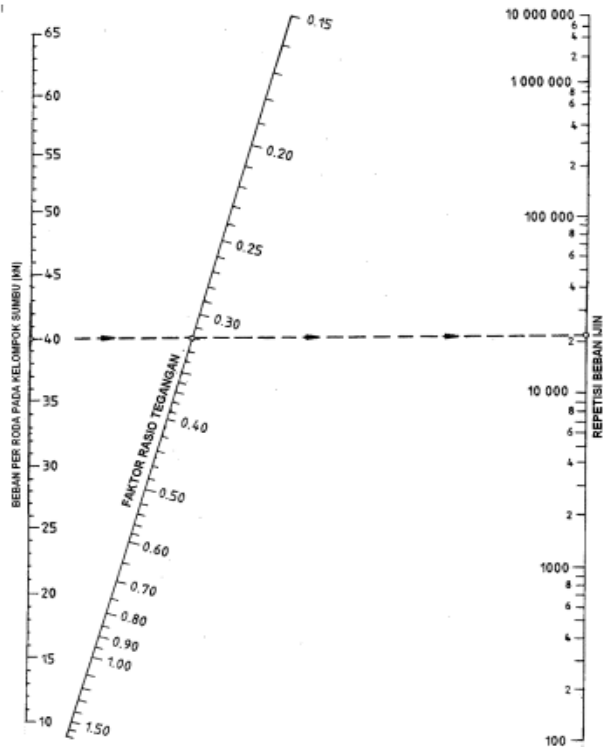
Tebal Slab (mm)	CBR eff tanah dasar	Tegangan Ekvivalen (Setara)				Faktor Erosi			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Dengan Ruji Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG
260	5	0,73	1,26	1,18	0,9	1,89	2,49	2,69	2,87
260	10	0,7	1,18	1,08	0,82	1,88	2,48	2,66	2,81
260	15	0,68	1,15	1,03	0,78	1,88	2,48	2,64	2,78
260	20	0,67	1,12	1,00	0,75	1,87	2,47	2,63	2,76
260	25	0,66	1,1	0,97	0,73	1,87	2,47	2,62	2,74
260	35	0,64	1,05	0,91	0,68	1,86	2,46	2,59	2,7
260	50	0,61	1,00	0,85	0,64	1,85	2,45	2,56	2,67
260	75	0,59	0,95	0,78	0,58	1,84	2,44	2,54	2,61
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	1,8	2,4	2,62	2,8
280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,74	2,34	2,46	2,55
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90,00	80,00	60,00	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86,00	75,00	56,00	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,7	2,3	2,42	2,51

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 2.10 Nilai Koefisien gesekan (μ)

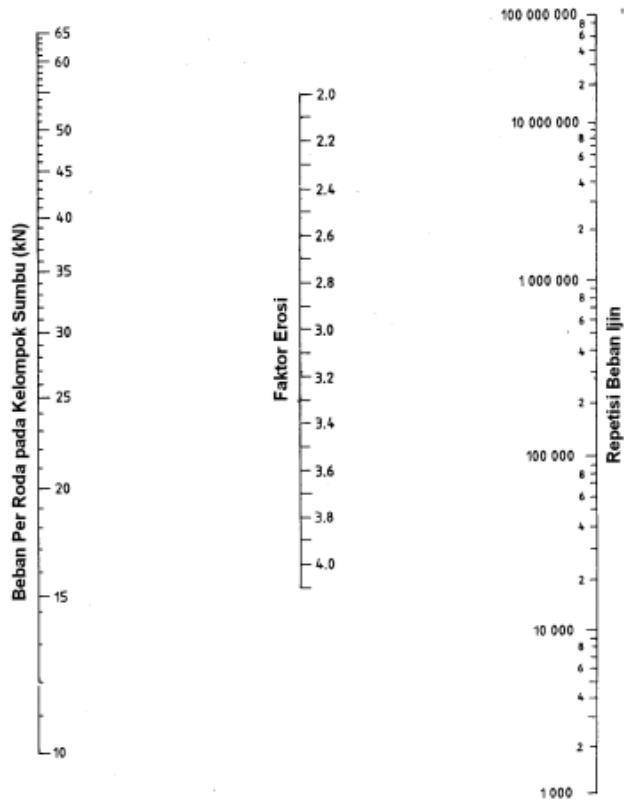
No.	Lapis pemecah ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon (<i>A chlorinated rubber curing compound</i>)	2,0

Sumber : Pd T-14-2003



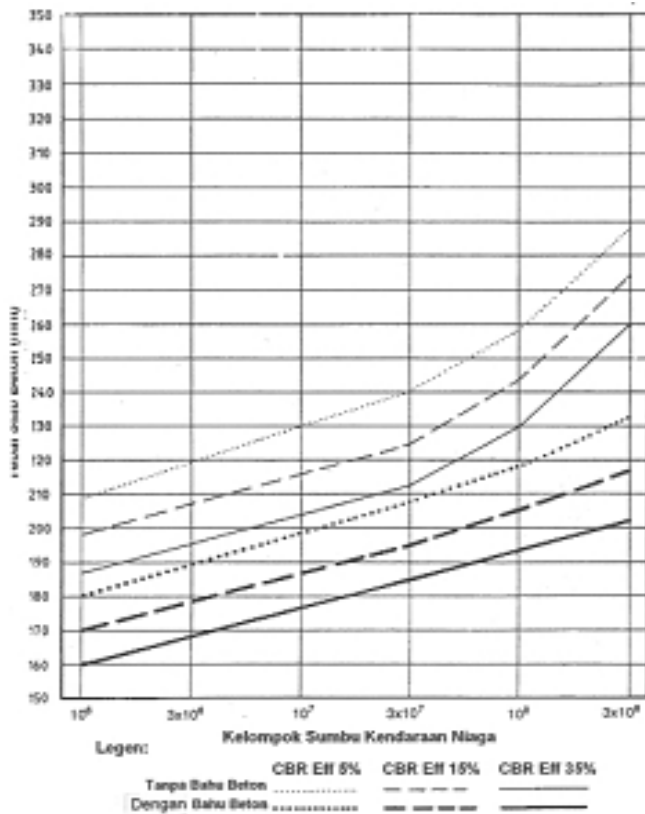
Gambar 2.7 Analisis fatik dan beban repetisi ijin berdasarkan rasio tegangan, dengan /tanpa bahu beton

Sumber : Pd T-14-2003



Gambar 2.8 Analisis erosi dan jumlah repetisi beban ljin, berdasarkan faktor erosi, tanpa bahu beton

Sumber : Pd T-14-2003



Gambar 2.9 Contoh grafik perencanaan, $F_{cf} = 4,25$ MPa, lalu lintas luar kota, dengan ruji, $F_{kb} = 1,1$

Sumber : Pd T-14-2003

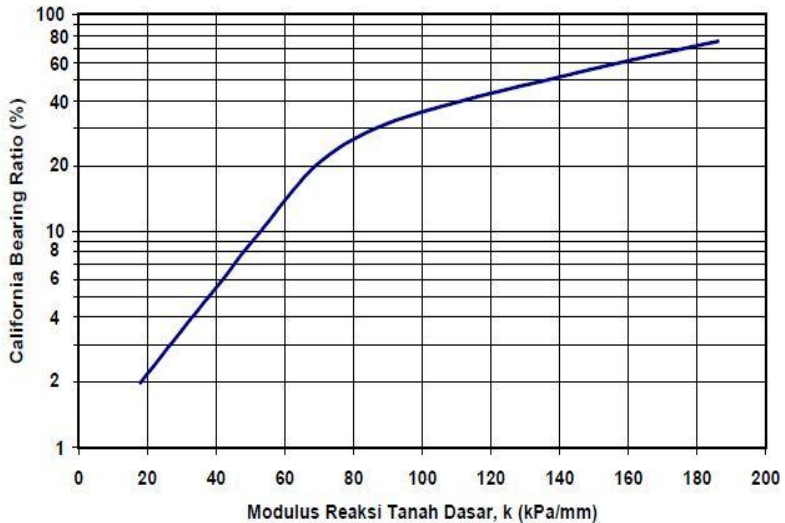
2.5 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement)

Pada perkerasan jalan beton dengan metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pavement) ini merupakan jenis perkerasan jalan beton tanpa tulangan tetapi menggunakan kabel – kabel prategang guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperature dan kelembapan yang terjadi pada perkerasan tersebut. Dalam perkerasan ini beton di cetak dengan ukuran tertentu sesuai dengan desain perencanaan dan literature yang ada. Kemudian beton tersebut dilakukan gaya prategang yang berguna untuk menekan beton cetakan yang satu dengan yang lain nya sehingga menjadi satu kesatuan pada masing-masing beton cetak tersebut. Dalam hal ini gaya prategang menggunakan sistem pascatarik (post-tension) dan kombinasi tulangan pada arah melintang. Prategang ini memberikan banyak manfaat bagi kinerja perkerasan jangka panjang dan menginduksi tegangan tekan di slab membantu untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan terjadinya retak dan mengurangi ketebalan slab yang diperlukan.

2.5.1 Pondasi Bawah Struktur Pelat Perkerasan Beton Pracetak –Prategang

Kekuatan pada konstruksi perkerasan beton ditentukan dengan kekuatan dan kekakuan pada lapisan beton itu sendiri. Kekakuan pada pelat beton pracetak – prategang ini yang besar kemungkinana adanya distribusi beban lalu lintas yang lebih baik sehingga pengaruh beban tersebut pada daya dukung tanah dasar lebih kecil dibandingkan dengan perkerasan jalan beton konvensional. Dalam hal ini pada lapisan bawah pelat beton pracetak – prategang adalah lapisan yang sudah diperhitungkan pada lapisan perkerasan beton konvensional. Sehingga pada pelat beton pracetak – prategang lapisan bawah yang sebagai tumpuan pada struktur pelat beton untuk mencari nilai k (modulus rekasi perkerasan) dapat diperoleh dari nilai CBR pada lapisan dibawah

perkerasan jalan beton pracetak – prategang dengan menarik CBR pada grafik di Gambar 2.10 di bawah ini.

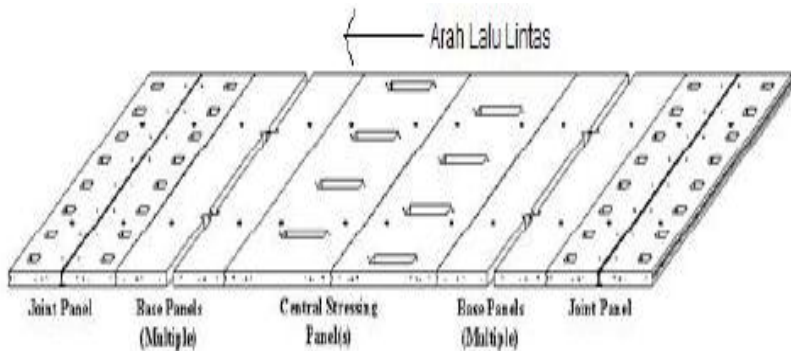


Gambar 2.10 Hubungan antara CBR dan Modulu Reaksi Tanah Dasar

Sumber : Pd T-14-2003

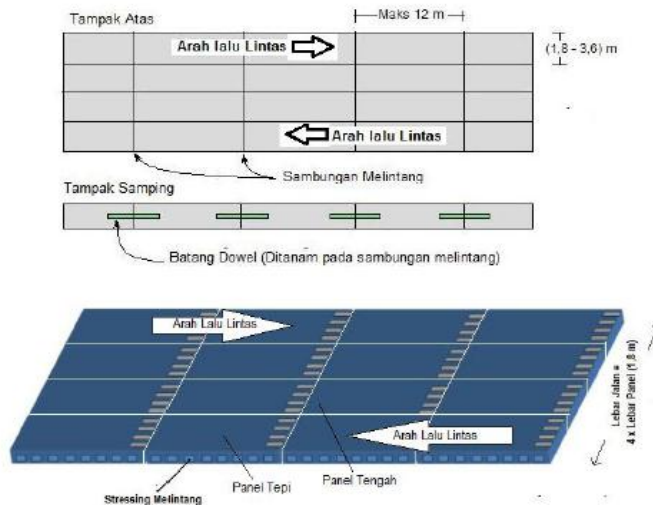
2.5.2 Struktur Perkerasan Beton Pracetak - Prategang

Dalam Struktur Perkerasan Beton Pracetak – Prategang ini dilakukan pemasangan secara melintang dan memanjang. Pemasang beton tersebut meliputi beberapa panel yang harus di pasang sesuai dengan perencanaan. Gambar 2.11 dan Gambar 2.12 di bawah ini menunjukkan jenis – jenis pemasangan panel beton pracetak – prategang.



Gambar 2.11 Pemasangan Panel Melintang
*Sumber : Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen
 Pracetak-Prategang, 2015*

Pada Gambar 2.11 diatas menunjukkan pemasangan panel secara melintang dan pada umumnya terdiri atas 3 (tiga) jenis panel yaitu panel dasar atau *base panel (BP)*, panel pusat atau *central panel (CP)* dan sambungan panel atau *joint panel (JP)*. Panel pusat (*central panel, CP*) menggunakan panel ganda, digunakan untuk melakukan penegangan pascatarik (*post-tension*) dan ditempatkan berpasangan yang posisi slotnya masing – masing berlawanan. Pemasangan secara melintang ini dapat dilakukan pada jalan baru atau pada jalan lama tetapi dengan lalu lintas kendaraan yang sepenuhnya dialirkan ke jalur atau lajur lain untuk jalan sementara.



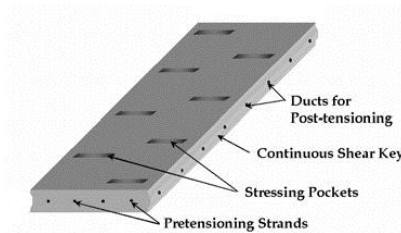
Gambar 2.12 Pemasangan Panel Memanjang
*Sumber : Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen
 Pracetak-Prategang, 2015*

Pemasangan panel secara memanjang seperti Gambar 2.12 dapat dilakukan bila lalu lintas pada ruas jalan tersebut tidak bisa ditutup untuk waktu yang relative lama karena volume kendaraan cukup padat. Pemasangan panel beton dilaksanakan dengan melakukan buka-tutup lalu lintas yang ada.

2.5.3 Panel Beton Semen Pracetak-Prategang

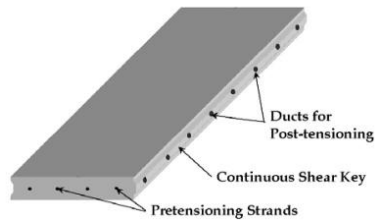
Panel Beton Semen Pracetak – Prategang terdiri atas 3 (tiga) jenis panel yaitu panel dasar atau *base panel (BP)*, panel pusat atau *central panel (CP)* dan sambungan panel atau *joint panel (JP)*. Panel pusat (central panel, CP) menggunakan panel ganda. Pada semua panel tersebut pre-tension terdapat di arah melintang

dan post-tension pada arah memanjang dan semua panel ini diberi tegangan yang menuju panel pusat (central panel,CP).



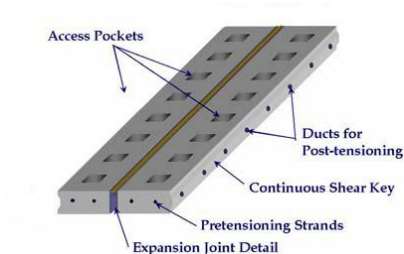
Gambar 2.13 Panel Pusat (*Central Panel,CP*)

Sumber :M.Chang, 2004



Gambar 2.14 Panel Dasar (*Base Panel,BP*)

Sumber :M.Chang, 2004



Gambar 2.15 Panel Sambungan (*Joint Panel,JP*)

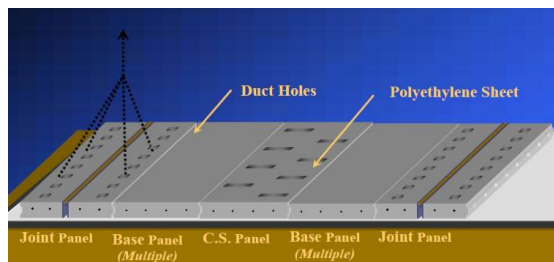
Sumber :M.Chang, 2004

Persyaratan panel beton semen pracetak – prategang (Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang, 2015) adalah sebagai berikut :

- 1) Panel – panel beton semen pracetak harus dibuat minimum dengan mutu $f_c' = 35 \text{ MPa}$ (350 kg/cm^2) dan beton normal dirancang sesuai dengan SNI-2834.
- 2) Bahan busa gasket digunakan untuk mencegah kebocoran harus sesuai dengan ketentuan ASTM D 3574. Bahan gasket ini harus cukup lunak untuk dapat dialirkan secara penuh di bawah panel untuk menutup seluruh bagian dasar sambungan.
 - a) Bahan busa gasket ini harus menyediakan segel grout di sekitar peinggiran dan interior panel.
 - b) Bahan busa gasket sebagai segel harus terkompres menerus di bawah panel pada semua titik sepnajng tepi panel agar tidak bocor.
- 3) Seluruh panel harus dilengkapi kait pengangkat (lifting point) sesuai dengan keperluan. Kait pengangkat tidak diizinkan menggunakan sambungan dengan pengelasan. Batang horizontal kait pengangkut mempunyai jarak (30 - 40) mm dari dasar panel, dan bagian atas kait yang melengkung mempunyai jarak minimum 32 mm dari permukaan atas panel.
 - a) Kait pengangkat untuk setiap panel harus digambar sesuai dengan ketentuan. Slot kait pengangkat harus dirancang dan ditempatkan dengan toleransi $\pm 50 \text{ mm}$ dari titik yang sesuai dengan perhitungan, yaitu untuk mengangkat panel ke atas.
 - b) Kait pengangkat harus berupa gulungan baja atau baja tulangan ulir (deformed), dan dipasang untuk pengamanan pengangkatan panel. Slot harus dicor kembali dengan mortar tahan susut dan diratakan setelah pemasangan panel. Posisi kait harus tertanam minimum 32 mm dari bagian atas panel setelah dicor.
 - c) Lubang grouting vertikal dengan diameter 12,5 mm harus disediakan setiap 4 m² untuk kemungkinan diperlukan bila

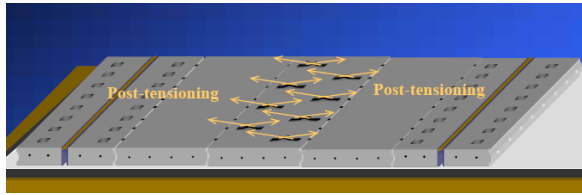
terjadi ketidakrataan permukaan pondasi atau lapis perata yang tidak sempurna.

- d) Anyaman batang baja (reinforcing wire mats) yang diperlukan, ukuran dan jarak batang harus ditunjukkan dalam gambar.
 - e) Untuk panel yang dipasang secara melintang, setiap pertemuan lubang selongsong harus dilekati busa gasket berukuran $\pm (25 \times 25)$ mm untuk menutup celah sambungan terhadap penyebaran bahan grouting ke bawah panel.
- 4) Perakitan panel beton semen pracetak – prategang dimulai dari panel dasar yang ditempatkan dan diikuti dengan panel pusat. Banyak panel dasar yang ditambahkan atau dipasang. Tendon post-tension dimasukkan ke dalam saluran melalui kantong pada panel pusat di dorong dan ditarik melalui saluran ke pegas atau jangkar yang terkunci bersama pada panel yang kemudian dikencangkan untuk menekan panel pusat. Setelah post-tension dilakukan kemudian pada rongga atau saluran diisi dengan grouting pada masing – masing panel sehingga permukaan menjadi rata dan mulus. Ilustrasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.16 – Gambar 2.19.

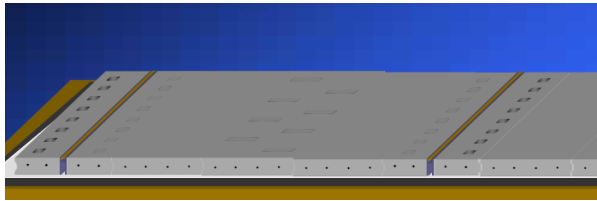


Gambar 2.16 Pemasangan Panel Pracetak - Prategang

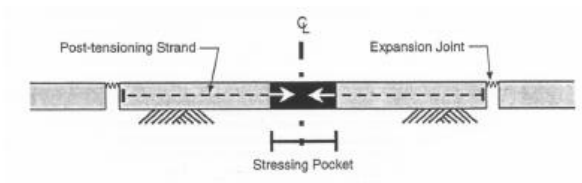
Sumber : FHWA, 2000



Gambar 2.17 Pemberian Post-tension pada Pracetak - Prategang
Sumber : FHWA, 2000



Gambar 2.18 Grouting pada Pracetak – Prategang setelah Post-tension
Sumber : FHWA, 2000



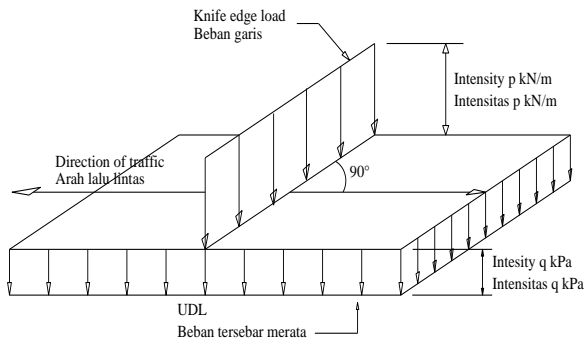
Gambar 2.19 Konsep Tegangan ke Pusat
Sumber : FHWA, 2000

2.5.4 Beban Lalu Lintas

Pembebanan lalu lintas pada perencanaan pelat beton pracetak – prategang mengacu pada peraturan SNI 1725:2016. Pada beban lalu lintas dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dengan intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang di bebani sepanjang L dan beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m yang harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas.



Gambar 2.20 Beban Lajur “D”

Dari gambar diatas maka di dapatkan besarnya nilai sebagai berikut :

- Beban terbagi rata (BTR)

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Jika } L \geq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

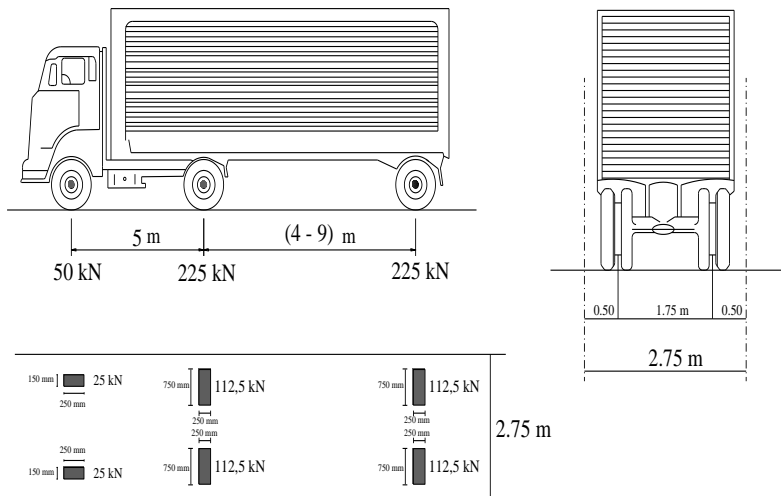
q = intensitas beban terbagi rata (BTR) arah memanjang
 L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)

- Beban garis terpusat (BGT)

Pada beban garis terpusat (BGT) nilai inetnsitas $P = 49,0$ kN/m yang di tempatkan pada posisi arah melintang.

2. Beban Truk “T”

Beban truk memiliki beban maerata pada bidang kontak anantara roda dengan permukaan pelat beton yang jarak antar As yaitu 4- 9 m. Umumnya hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Pada pembebanan truk “T” ini terdiri atas kendaraan untuk semi-trailer yang mempunyai susuan dan berat seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

2.5.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Pelat Beton Pracetak – Prategang

Perencanaan tebal perkerasan beton pracetak – prategang minimum di ambil dari asumsi sebesar sekitar 40% - 50% dari perkerasan beton semen konvensional (*AASHTO, 1993*). Dengan adanya pelat beton konvensional yang direncanakan sesuai dengan LHR dan Umur Rencana (UR) 40 tahun sehingga dapat diketahui untuk tebal minimum pelat beton pracetak – prategang. Maka dalam perencanaan tebal perkerasan pelat beton pracetak –

prategang ini diperhitungkan dahulu untuk tebal pelat secara beton semen konvensional yang kemudian dapat di asumsikan menjadi tebal pelat beton pracetak – prategang.

2.5.5.1 Perhitungan Tebal Pelat Beton Pracetak - Prategang

Dari perhitungan pelat beton konvensional yang di lakukan sesuai dengan LHR dan Umur Rencana (UR) 40 tahun. Maka perencanaan untuk tebal pelat beton pracetak-prategang minimum dapat di asumsikan 40% - 50% dari perkerasan beton semen konvensional (AASHTO, 1993).

Dalam perhitungan perencanaan tebal pelat perkerasan beton pracetak - prategang ini akan dikontrol terhadap perubahan panjang slab untuk mengakomodasi lebar celah sambungan muai (expansion joint) dan defleksi akibat faktor temperature, kelembaban, curling/warping dan beban lalu lintas (Dachlan, 2011). Berdasarkan parameter perencanaan tebal perkerasan beton prategang yang di rekomendasikan ACI 325 yang di dasarkan atas persamaan (Sargious, 1975) adalah sebagai berikut :

$$(f_t + f_p) > (f_{(c+w)} + f_F + f_L) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- f_p = Tegangan tekan beton akibat prategang,
- f_t = Tegangan fleksural beton ijin (*modulus of rupture, MR*)/(factor keamanan, FS),
- $f_{(c+w)}$ = Tegangan fleksural kritis akibat *curling* dan *warping*.
- f_F = Tegangan tarik kritis akibat friksi tanah dasar.
- f_L = Tegangan fleksural ijin akibat beban lalu lintas.

Modulus of Rupture diuji dengan *the third point loading*, sesuai dengan SNI 03 – 2823. Faktor keamanan (FS) antara 1,5 dan 2,0 untuk jalan raya dan antara 1,4 dan 1,75 untuk lapangan terbang. Untuk lokasi paling kritis dalam analisa adalah pada penampang bawah dan tepi slab akibat tingginya teggangan tarik akibat friksi dan beban, serta lokasi pada permukaan atas beton akibat curling

dan warping. Sehingga akibat friksi tegangan tarik maksimum, maka prategang di setiap penampang pada perkerasan harus minimum 100 psi (690 kPa).

Dari perhitungan diatas maka Perencanaan Tebal Pelat Beton Pracetak – Prategang harus memenuhi persyaratan tebal perkerasan sebagai berikut (*A.Tatang Dachlan,2011*) :

- a) Tanah dasar atau pondasi bawah harus mempunyai modulus reaksi tanah dasar k minimum 300 pci (81,6 MN/m³) atau CBR 30% (Austroad, 1992). Bila nilai k lebih rendah, maka untuk sistem perkerasan jalan harus menggunakan bahan yang tidak mudah tererosi.
- b) Tebal minimum perkerasan beton prategang untuk jalan raya adalah 0,65 tebal beton konvensional untuk jalan raya, sedangkan untuk lapangan terbang, 0,60.
- c) Defleksi pada tepi slab di bawah beban rencana maksimum 0,75 mm untuk jalan raya dan 1,25 mm untuk lapangan terbang.

2.5.5.2 Tegangan Tarik Slab Beton Pracetak - Prategang

Tegangan Tarik pada slab beton ini dapat terjadi akibat Kombinasi tegangan kritis pada permukaan atas slab beton, Kombinasi tegangan kritis di bawah slab beton, dan Tegangan akibat beban lalu lintas serta Kombinasi tegangan ijin dalam perkerasan prategang (*Dachlan,2011*).

2.5.5.2.1 Kombinasi Tegangan Kritis Pada Permukaan Atas Slab Beton

Kombinasi tegangan kritis pada permukaan slab beton nilai tegangan tarik pada permukaan slab dengan tebal 0,15 m dan 0,20 m panjang antara 120 – 180 m serta nilai koefisien friksi pada musim panas dan musim dingin dengan Modulus elastisitas beton 28.000 kg/cm² atau 4×10^6 psi (28×10^3 MPa) menurut (*Dachlan,2011*). Dalam hal ini batas tegangan yang dihitung yang menyebabkan tarikan pada permukaan slab pada saat batas

tegangan curling malam hari dari batas warping pada saat malam dan siang hari.

2.5.5.2.2 Kombinasi Tegangan Kritis Di Bawah Slab Beton

Tegangan warping di bawah slab adalah dalam kondisi tekan, dan besarnya bervariasi dari musim panas ke musim dingin dengan kombinasi tegangan batas relatif kecil seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.11. Kontrol tegangan tarik menjadi tekanan yang disebabkan friksi saja dan tertinggi selama musim dingin. Setelah tegangan akibat friksi yang ada bekerja di tengah slab, maka sisa prategang harus lebih besar atau sama dengan 7 kg/cm² atau 100 psi (690 kPa). Nilai ini dipilih dari pengalaman untuk mengurangi atau memperkecil perubahan retak melintang di tengah bentang slab. Artinya tegangan minimum pada ujung slab 240 psi (1656 kPa) untuk panjang slab 120 m, dan 310 psi (2140 kPa) untuk panjang slab 180 m (lihat di bagian bawah Tabel 2.12). Tegangan akibat friksi di musim dingin 140 psi dan 210 psi, masing-masing untuk panjang slab 400 ft dan 600 ft). Prategang minimum adalah proporsional terhadap panjang slab, Jika koefisien friksi yang ada lebih besar maka tingkat prategang harus dinaikkan lebih tinggi (*Dachlan, 2011*).

2.5.5.2.3 Tegangan Akibat Beban Lalu Lintas

Tegangan fleksural pada arah melintang dan memanjang pada slab tebal (10-23) cm (4- 9) in. lebar 3,65 m (12 ft) dengan beban 90 kN (20 kip) beban sumbu tunggal ditunjukkan dalam Gambar 2.22. Grafik dikembangkan menggunakan metoda iterasi sector analysis (Friberg 1957). Pada perkerasan jalan dengan lebar lajur normal, tegangan tarik fleksural di bagian atas tepi slab lebih rendah dari pada tegangan tarik di bagian tengah-bawah slab, diuji dengan beban standar 20 kip (90 kN). Untuk tepi perkerasan jalan, lendutan maksimum izin adalah 0,75 mm (0,03 in.). Dalam Gambar 2.20, disyaratkan agar lendutan yang terjadi kurang dari 0,75 mm (0,03 in.) dengan modulus reaksi tanah $k = 300 \text{ pci}$ (81,6 MN/m³) atau CBR 30% (Austroad, 1992) diperoleh tebal 13 cm

(5 in.) sebagai contoh tebal minimum. Sambungan melintang pada perkerasan beton prategang, diperlukan penyaluran beban efektif untuk mencegah lendutan yang berlebihan (Dachlan, 2011)..

2.5.5.2.4 Kombinasi Tegangan Ijin Dalam Perkerasan Prategang

Perhitungan mengindikasikan bahwa retak melintang dalam perkerasan prategang yang panjang kemungkinan kecil, jika slab tidak retak sebelum di-prategang, dan jika friksi tegangan tarik bekerja, maka sisa prategang di tengah slab minimum harus di atas 100 psi (690 kPa). Retak melintang mungkin terjadi akibat salju di daerah sub-tropis. Retak melintang mungkin ditahan prategang selama pelayanan normal, yang menahan paling sedikit sama dengan beban pada sambungan melintang yang dipasang dowel. Prategang yang ada juga bekerja untuk mengurangi efek fatik akibat repetisi beban (ACI Committee, 1998) (Dachlan, 2011).

Tabel 2.11 Tegangan Tarik Pada Permukaan

Tipe Tegangan	Musim	Koef Termal Muai ϵ , atau Swelling, w	Termal Gradien $^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ ($^{\circ}\text{F}/\text{in.}$)	Tegangan pada Slab								
				15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)					
				Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa			
f_c	Curling Malam	Panas	$\epsilon = 6 \times 10^{-6}$	0.25 (1)	5.04	72	497	6.72	96	662		
f_w		Dingin	$\epsilon = 4 \times 10^{-6}$	0.50 (2)	6.86	98	676	8.96	128	883		
		Awal (1 Bln)	Panas	$w = 250 \times 10^{-6}$	14.7	210	1450	17.5	250	1725		
			Dingin	$w = 100 \times 10^{-6}$	5.74	82	565	7.7	110	759		
	Umur Renc.	Panas	$w = 300 \times 10^{-6}$	14	200	1380	16.8	240	1656			
f_{c-w}	Maks Total	Panas		19.74	282	1932	24.2	346	2380			
		Dingin		12.6	180	1242	12.6	180	238			
Efek Friksi Musim Panas dan Musim Dingin				Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab								
F_p	Panjang Slab (m)	Musim	Koef Friksi	Tegangan Friksi			15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)		
				Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa
	120	Panas	0.5	7	100	690	26.6	380	2620	31.15	445	3070
		Dingin	0.7	9.8	140	966	22.4	320	2208	26.46	378	2608
	180	Panas	0.5	10.5	150	1035	30.1	430	2967	34.65	495	3415
		Dingin	0.7	14.7	210	1450	27.3	390	2691	31.36	448	3091

*) Faktor untuk kondisi trojis dapat menggunakan kondisi musim panas.

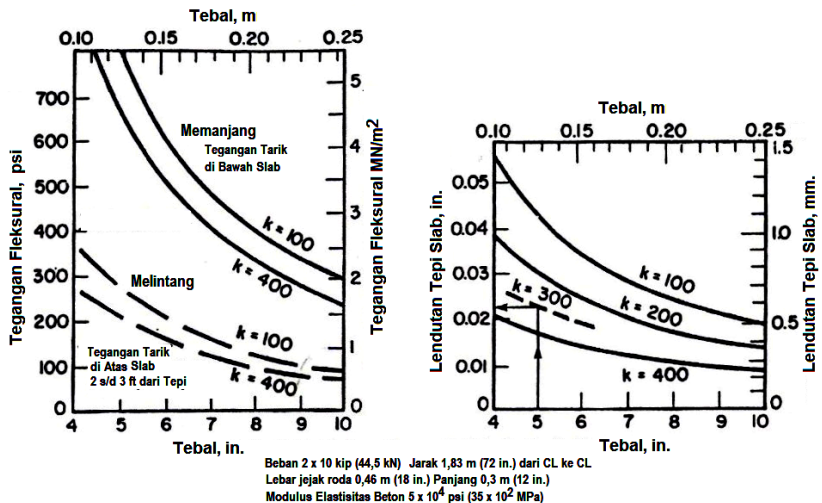
*) Faktor untuk kondisi tropis dapat menggunakan kondisi musim panas.

Sumber : Dachlan, 2011

Tabel 2.12 Tegangan Tarik Pada Dasar Slab

Musim		Tegangan Batas pada Dasar Slab Tebal					
		15 cm			20 cm		
		Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa
f_w Tegangan Warping	Panas.	-23,8	-340	2346	-28	-400	2760
	Dingin.	-14,7	-210	1449	-16,1	-230	1587
	Dingin, UR	-7,7	-110	759	-9,1	-130	897
F_{C-W} : Kombinasi tegangan <i>curling</i> dan <i>warping</i> pada dasar slab	Panas.	-3,5	-50	345	-1,4	-20	138
	Dingin.	-4,9	-70	483	-2,8	-40	276
	Dingin, UR	2,1	30	207	4,2	+60	414

Sumber : Dachlan, 2011



Gambar 2.22 Tegangan Fleksural Maksimum pada Arah memanjang dan Melintang, dan Lendutan Tepi pada Sumbu 20 kip (90kN)

Sumber :Dachlan, 2011

2.5.5.2.5 Tegangan Fleksural Beton Ijin

Pada Tegangan Fleksural beton ijin harus ditetapkan terlebih dahulu faktor keamanan (FS) untuk memperoleh nilai tegangan fleksural beton ijin yang direncanakan. Untuk faktor keamanan

(FS) jalan raya utama = 2, jalan raya sekunder = 1,5 dan bandara 1,75 (taxi ways dan ujung runway) serta 1,40 untuk daerah tidak kritis (runway interior). Dari penentuan faktor keamanan (FS) maka Tegangan Fleksural Beton Ijin (f_t) dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut (Dachlan,2011) :

$$f_t = MR/FS \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

f_t = Tegangan Fleksural Beton Ijin

MR= Modulus of rupture

FS = Faktor Keamanan

$$MR = 9 \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton setelah 28 hari dalam satuan (psi)

$$MR = 0,75 \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton setelah 28 hari dalam satuan (MPa)

2.5.6 Dimensi Perkerasan Beton Pracetak – Prategang

Dimensi perkerasan beton pracetak - prategang umumnya dirancang dengan panjang 120 m sampai 180 m. Tetapi pada setiap panel pracetak panjang maksimum 12 m dan lebar berkisar antara 1,8 m sampai 3,6 m. Strand dipasang sejauh 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ in.) di bawah garis eksentrisitas slab agar diperoleh tekanan yang lebih besar di bagian bawah dan mencegah warping di ujung slab. Komisi ACI merekomendasikan agar strand dipasang dengan jarak $1/12 \times$ tebal slab di bawah garis eksentrisitas. Bila tebal slab 200 mm maka strand dapat dipasang sejauh $200/2 + 200/12 = 117$ mm dari permukaan slab. Panjang strand (7 untai kawat baja) mempunyai elongasi sekitar 0,75 m/100 m (9 in/100 ft) atau 0,75% untuk penarikan penuh 80% kuat tarik ultimit baja 270.000 psi (1850 MPa) (Dachlan,2011).

2.5.7 Aplikasi Prategang

Dalam metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) ini pemberian gaya prategang pada beton dibedakan 2 (dua) macam metode yaitu :

1. Pratarik (*Pre-Tension*)

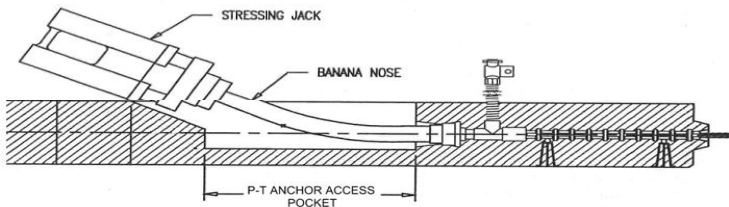
Metode ini baja prategang diberi gaya prategang dulu sebelum dicor, oleh karena itu disebut pre-tension. Kabel (tendon) prategang ditarik atau diberi gaya prategang kemudian diangker pada suatu abutmet tetap yang kemudian dicor pada cetakan dan landasan yang sudah disediakan sehingga tendon yang sudah diberi gaya prategang dibiarkan mengering. Setelah beton mengering dan cukup umur kuat menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas sehingga gaya prategang ditransfer ke beton.

2. Pascatarik (*Post-Tension*)

Pada metode Pascatarik ini beton dicor terlebih dahulu, dimana sebelumnya sudah disiapkan saluran kabel atau tendon yang disebut duct. Dengan cetakan yang sudah di sediakan beserta saluran/selongsong kabel prategang yang dipasang sesuai bidangnya. Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon prategang dimasukkan dalam selongsong (tendon duct) yang kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Pemberian gaya prategang ini salah satu ujung kabel diangker yang ujung lain nya ditarik. Ada pula yang ditarik kedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah di lakukan pengangkurkan kemudian saluran atau angker tersebut di grouting melalui lubang yang sudah disediakan.

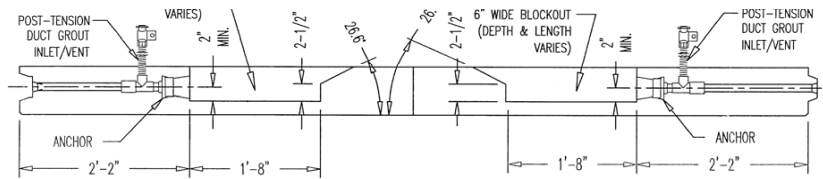
Pada ACI 325, beton prategang pascatarik (post-tensioning) yaitu perkerasan beton di-stressing setelah beton mengeras. Waktu yang kritis pada pekerjaan ini adalah pada malam pertama setelah pembetonan khususnya waktu beton dicor pada temperatur tinggi yang akan turun pada malam hari pertama. Pada periode tersebut belum ada stressing untuk menahan retak dan

susut, karena itu diperlukan perawatan beton dengan cara memberikan penutup permukaan beton dengan curing membrane yang cukup agar dapat menghambat penurunan temperatur. Penting diperhatikan bahwa beton harus segera diberikan stressing awal (initial prestress) setelah mencapai kekuatan yang cukup dengan ukuran tendon yang memadai untuk mencegah tegangan yang berlebihan saat stressing pada angker. Untuk memperoleh prategang awal yang cukup, perkerasan beton harus menggunakan beton mutu tinggi sehingga mencapai kekuatan beton (f_c') sesuai rencana pada umur 28 hari. Setelah mencapai periode curing dan angkur selesai, tendon ditarik sampai mencapai 80% kekuatan baja ultimit. Tendon harus ditarik dari kedua ujung panel. Besar gaya tendon akan bertambah karena friksi strand selama penegangan (*Dachlan, 2011*). Pada setiap panel terdapat tendon yang terpasang di dalam struktru panel tersebut yang meliputi joint panel dan central panel. Pada panel tersebut terdapat kantong yang di gunakan untuk memasukan kabel tendon kedalam panel dan juga sebagai tempat anchor pada tegangan post-tension yang kemudian di tutup menggunakan grouting setelah dilakukan tegangan. Gambar 2.23 dan 2.24 dibawah ini menunjukan detail post-tension pada panel beton.



Gambar 2.23 Post-Tension Pada Panel Beton

Sumber :M.Chang, 2004



Gambar 2.24 Detail Post-Tension Pada Joint Panel Beton

Sumber : M.Chang, 2004

2.5.8. Besaran Prategang

Besaran prategang memanjang dan melintang harus cukup besar untuk memberikan tegangan tekan yang cukup. Mempertahankan tekanan yang terjadi selama berjalannya beban banyak faktor yang harus diperhitungkan untuk memastikan bahwa tingkat prategang yang diinginkan diperoleh termasuk besarnya regangan antar slab beton dan tanah dasar, ketebalan slab beton, panjang slab dan maksimum temperature yang akan terjadi pada perkerasan. Tingkat prategang yang cukup tinggi dapat di gunakan dengan tingkat prategang minimum 100 – 300 psi arah memanjang dan 0 – 200 psi arah melintang (AASHTO, 1993).

2.5.8.1 Tegangan Ijin Pada Beton

Tegangan ijin pada beton sesuai SNI 2847-2013 pasal 18.3.3 dan 18.4 adalah sebagai berikut :

1. Tegangan beton sesaat sesudah penyaluran gaya prategang (sebelum terjadinya kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melebihi sebagai berikut :
 - Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan $0,60 f'_{ci}$
 - Tegangan serat terjauh dalam kondisi tekan pada ujung-ujung komponen tumpuan sederhana $0,70 f'_{ci}$
2. Tegangan pada saat kondisi beban layanan (sesudah memperhitungkan semua kehilangan gaya prategang yang mungkin terjadi) tidak boleh melebihi sebagai berikut :

- Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban tetap $0,45 f'_c$
- Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang beban mati dan beban hidup total $0,60 f'_c$

Dimana :

f'_c = kuat tekan beton pada saat pemberian prategang awal, MPa

f'_{ci} = kuat tekan beton yang diisyaratkan, MPa

2.5.8.2 Tegangan Ijin Pada Baja Prategang

Tegangan ijin pada baja prategang sesuai SNI 2847-2013 pasal 18.5 tidak boleh melebihi nilai-nilai sebagai berikut :

1. Akibat gaya penarikan (jacking),

Tegangan tarik pada tendon tidak boleh melebihi $0,94 f_{py}$ dan harus lebih kecil dari :

- $0,80 f_{pu}$
- Nilai maksimum yang direkomendasikan oleh produsen tendon

2. Segera setelah transfer gaya prategang,

- Tegangan tarik pada tendon tidak melebihi $0,82 f_{py}$ dan tidak boleh lebih besar dari $0,70 f_{pu}$

Dimana :

f_{pu} = kuat tarik tendon prategang yang diisyaratkan, MPa

f_{py} = kuat leleh tendon prategang yang diisyaratkan, MPa

2.5.8.3 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain (Lin dan Burn, 1996) :

1. Kehilangan langsung (*Immediety Loss*), yaitu kehilangan gaya prategang yang terjadi setelah peralihan gaya prategang yang meliputi :

- a. Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastic (ES)
Pada struktur yang menggunakan kabel tunggal tidak mengalami kehilangan gaya prategang akibat dari perpendekan beton, karena gaya pada kabel diukur setelah

perpendekan tersebut terjadi. Jika pada penampang yang memakai lebih dari satu kabel maka kehilangan gaya prategang dapat ditentukan oleh kabel yang pertama ditarik dan memakai harga setengahnya untuk mendapatkan rata – rata kabel. Kehilangan gaya pada struktur pasca tarik didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$ES = \Delta f_{cir} = \frac{n \cdot P_i}{A_c} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

ES = kehilangan gaya prategang

f_{cir} = tegangan pada penampang beton

P_i = gaya prategang awal

A_c = luas penampang beton

n = E_s/E_c

E_s = modulus elastisitas tendon prategang

E_c = modulus elastisitas beton

b. Kehilangan gaya prategang akibat gesekan kabel tendon (P_s)

Pada struktur beton prategang dengan tendon yang dipasang melengkung ada gesekan antara sistem penarik (Jacking) dan ankur, sehingga tegangagn yang ada pada tendon atau kabel prategang akan lebih kecil dari pada bacaan pada alat baca tegangan (*pressure gauge*). Kehilangan prategang akibat gesekan pada tendon akan sangat dipengaruhi oleh pergerakan dari selongsong (wobble) kabel prategang dan kelengkungan tendon/kabel prategang, maka dari itu digunakan koefisien wooble (K) dan koefisien geseran (μ). Kehilangan gaya prategang aibat geseran pada tendon pasca tarik (*post-tesion*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_s = P_x (1 + K L_x + \mu \alpha) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

P_s = gaya prategang diujung ankur

P_x = gaya prategang pada titik yang ditinjau

- K = koefisien Wobble (Tabel 2.13)
 μ = koefisien geseran akibat kelengkungan kabel (Tabel 2.13)
 α = sudut pada tendon
 L_x = panjang tendon dari angkur sampai titik yang ditinjau

Tabel 2.13 Nilai Koefisien Wobble dan koefisien kelengkungan

Tipe Tendon	K tiap meter	μ
Tendon dengan selubung logam flexible		
-tendon kawat	0,0033-0,0049	0,15-0,25
-strand dengan untai 7 kawat	0,0016-0,0066	0,15-0,25
-baja mutu tinggi	0,0003-0,002	0,08-0,3
Tendon pad selubung logam kaku		
-strand dengan untai 7 kawat	0,0007	0,15-0,25
Tendon yang diminyaki terlebih dahulu		
-tendon kawat / strand dengan untai 7 kawat	0,001-0,0066	0,05-0,15
Tendon yang diberi lapisan mastic		
-tendon kawat / strand dengan untai 7 kawat	0,0033-0,0066	0,05-0,15

Sumber :Desain Struktur beton Prategang, T.Y Lins & H. Burns,1996

- c. Kehilangan gaya prategang akibat slip angkur (ANC)
 Kehilangan gaya prategang ini terjadi saat baja/kabel dilepas dari mesin penarik kemudian kabel ditahan oleh baji dipengangkuran dan gaya prategang ditransfer dari mesin penarik ke angkur. Besarnya slip pada pengangkuran tergantung pada tipe baji dan tegangan pada kabel

prategang (tendon). Harga rata – rata panjang slip akibat pengangkuran adalah 2,5 mm. Untuk menentukan kehilangan tegangan akibat slip angkur dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta L = \frac{f_c}{E_s} L \dots\dots\dots (2.14)$$

$$ANC = \frac{Srata-rata}{\Delta L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

ANC = kehilangan gaya prategang akibat slip angkur

ΔL = deformasi pengangkuran

f_c = tegangan pada beton

E_s = modulus elastisitas baja/kabel prategang

L = panjang total kabel

Srata-rata = harga rata-rata slip angkur biasanya 2,5mm

2. Kehilangan tak langsung (*Time Dependent Loss*), yaitu kehilangan gaya prategang yang bergantung pada fungsi waktu yang meliputi :

a. Kehilangan gaya prategang akibat rangkak beton (*creep*) (CR)

Kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh rangkak (*creep*) dari beton merupakan salah satu kehilangan gaya prategang tergantung pada fungsi waktu yang diakibatkan oleh proses penuaan dari beton selama pemakaian. Rumus yang digunakan untuk menghitung kehilangan gaya prategang akibat rangkak adalah sebagai berikut :

$$CR = K_{cr} \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot (f_{cir} - f_{cds}) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana,

K_{cr} = 2,0 untuk struktur pratarik dan 1,6 untuk struktur pasca tarik (*post-tension*)

- f_{cds} = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang
 f_{cir} = tegangan beton akibat gaya prategang efektif segera setelah gaya prategang diberikan
 E_c = modulus elastisitas beton
 E_s = modulus elastisitas tendon prategang

b. Kehilangan gaya prategang akibat susut beton (*shrinkage*) (SH)

Kehilangan gaya prategang akibat susut dapat dipengaruhi dari beberapa faktor yaitu rasio anatar volume beton dan luas permukaan beton, kelembaban relative waktu antara akhir pengecoran dan pemberian gaya prategang. Pada sistem pascatarik, kehilangan prategang akibat susut lebih kecil karena sebagian susut telah terjadi sebelum pemberian tegangan. Besarnya kehilangan gaya prategang akibat susut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$SH = 8,2 \cdot 10^{-6} \cdot K_{sh} \cdot E_s \cdot \left(1 - 0,06 \cdot \frac{V}{S}\right) \cdot (100 - RH)$$

.....(2.17)

Dimana :

- K_{sh} = koefisien faktor susut (lihat Tabel 2.14)
 V = volume beton
 S = luas selimut yang berhubungan dengan udara
 RH = kelembaban udara
 E_s = modulus elastisitas tendon prategang

Tabel 2.14 Nilai Koefisien Faktor Susut

waktu setelah perawatan s/d penerapan prategang (hari)	1	2	3	5	7	10	20	30	60
Ksh	0,92		0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

Sumber : *Desain Struktur beton Prategang, T.Y Lins & H. Burns, 1996*

c. Kehilangan prategang akibat relaksasi baja (*relaxation*) (RE)

Relaksasi baja prategang terjadi pada baja prategang dengan perpanjangan tetap dalam satu periode yang mengalami pengurangan gaya prategang. Pengurangan gaya prategang akan tergantung pada lamanya waktu berjalan dan rasio antara rategang awal dan akhir. Oleh karena itu, ACI memberikan perumusan untuk menghitung kehilangan gaya prategang dimana nilai dari K_{re} , J dan C tergantung dari jenis dan tipe tendon, dimana untuk strand atau kawat stress dipakai adalah relieced derajat 1.745 MPa. Rumus yang diapaki adalah sebagai berikut :

$$RE = [K_{re} - J. (SH + CR + ES)]. C..... (2.18)$$

Dimana :

K_{re} = koefisien relaksasi (lihat Tabel 2.15)

J = faktor waktu (lihat Tabel 2.15)

C = faktor relaksasi (lihat Tabel 2.16)

SH = kehilangan tegangan akibat susut

CR = kehilangan tegangan akibat rangkak

ES = kehilangan tegang akibat perpendekan elastic

Tabel 2.15 Nilai Kre dan J

Tipe Tendon	Kre	J
Strand / kawat stress relieved derajat 1860Mpa	138	0,15
Strand / kawat stress relieved derajat 1720Mpa	128	0,14
Kawat stress relieved derajat 1655Mpa atau 1620Mpa	121	0,13
Strand relaksasi rendah derajat 1860Mpa	35	0,04
Kawat relaksasi rendah derajat 1720Mpa	32	0,037
Kawat relaksasi rendah derajat 1655Mpa atau 1620Mpa	30	0,035
Batang stress relieved derajat 1000Mpa atau 1100Mpa	41	0,05

Sumber : Desain Struktur beton Prategang, T.Y Lins & H. Burns, 1996

Tabel 2.16 Nilai C

Fpi/fpu	Strand/kawat stress relieved	Batang stress relieved atau strand/ kawat relaksasi rendah
0,8	-	1,28
0,79	-	1,22
0,78	-	1,16
0,77	-	1,11
0,76	-	1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90

0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Sumber : *Desain Struktur beton Prategang, T.Y Lins & H. Burns, 1996*

2.5.9 Tipe Strand dan Tendon Unit

Pada baja yang digunakan untuk memberikan gaya prategang digunakan baja mutu tinggi. Baja mutu tinggi merupakan bahan yang menghasilkan gaya prategang dan memberikan gaya tarik pada beton prategang. Pada baja mutu tinggi untuk sistem prategang berupa kawat (wire), untaian kawat (strand) dan batang (bar). Selain baja prategang beton prategang masih memerlukan penulangan biasa yang tidak diberi gaya prategang, seperti tulangan memanjang, sengkang, tulangan untuk pengangkur dan lain-lain. Untuk jenis *post-tension* tendon dapat bersifat *bonded* (dimana saluran kabel diisi dengan material grouting) dan *unbonded* (saluran kabel diisi dengan minyak gemuk atau grease) yang bertujuan untuk melindungi tendon dari korosi dan mengembangkan lekatan antara baja prategang dan beton sekitarnya. Berikut ini adalah strand properties dan tendon properties berdasarkan peraturan dari VSL Indonesia sesuai Tabel 2.17 dan 2.18.


Tabel 2.17 Strand Properties**1.3 Strand Properties 13 mm (0.5")**

Strand type			prEN 10138 – 3 (2009) Y1860S7		ASTM A 416-06 Grade 270
Nominal diameter	d	(mm)	12.5	12.9	12.7
Nominal cross section	A _c	(mm ²)	93	100	98.7
Nominal mass	M	(kg/m)	0.726	0.781	0.775
Nominal yield strength	f _{0.1k}	(MPa)	1634 ¹⁾	1640 ¹⁾	1675 ²⁾
Nominal tensile strength	f _{pk}	(MPa)	1860	1860	1860
Specif./min. breaking load	F _{pk}	(kN)	173.0	186.0	183.7
Young's modulus		(GPa)	approx. 195		
Relaxation ³⁾ after 1000 h at 20 °C and 0.7 x F _{pk}		(%)	max. 2.5		

1. Characteristic value measured at 0.1% permanent extension
2. Valid for relaxation class acc. to prEN 10138-3 or low-relaxation grade acc. to ASTM A 416-06
3. Minimum load at 0.1% extension for low-relaxation strand

Sumber : VSL Indonesia

Tabel 2.18 Tendon Properties**1.4 Tendon Properties 13 mm (0.5") and corresponding duct diameters**

Unit	Strands numbers	Breaking load			Steel duct ¹⁾ recommended				Plastic duct VSL PT4 PLUS ²⁾	
		Y1860 S7 (prEN)		Grade 270 (ASTM)	Ø _s / Ø _d minimum		Ø _s / Ø _d e		Ø _s / Ø _d e	
		d=12.5 mm A _c =93 mm ² [kN]	d=12.9 mm A _c =100 mm ² [kN]	d=12.7 mm A _c =99 mm ² [kN]						
					[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
5-1	1	173	186	184	20/25	3	25/30	6	22/25	6
5-2	2	346	372	367	30/40	8	40/45	11	36	-
5-3	3	519	558	551	35/40	6	40/45	9	36	-
5-4	4	692	744	735	40/45 ¹⁾	7	45/50	10	36	-
5-7	5	865	930	919	45/50	8	50/57	11	58/63 ³⁾	-
	6	1038	1116	1102	45/50	6	50/57	9	58/63	12
5-7	7	1211	1302	1286	50/57	7	55/62	10	58/63	11
5-12	8	1384	1488	1470	55/62	9	60/67	12	58/63	10
	9	1557	1674	1653	55/62	8	60/67	11	58/63	9
	10	1730	1860	1837	60/67	10	65/72	13	65/70	9
	11	1903	2046	2021	60/67	9	65/72	12	65/70	8
5-12	12	2076	2232	2204	60/67	8	65/72	11	65/70	7
5-15	13	2249	2418	2388	65/72	9	70/77	12	76/81	14
	14	2422	2604	2572	65/72	8	70/77	11	76/81	13
5-15	15	2595	2790	2756	70/77	9	75/82	12	76/81	12
5-19	16	2768	2976	2938	70/77	9	75/82	12	76/81	12
	17	2941	3162	3123	75/82	11	80/87	14	76/81	11
	18	3114	3348	3307	75/82	10	80/87	13	76/81	10
5-19	19	3287	3534	3490	75/82	9	80/87	12	100/106	21
5-22	20	3460	3720	3674	80/87	10	85/92	13	100/106	20
5-22	21	3633	3906	3858	80/87	9	85/92	12	100/106	19
	22	3806	4092	4041	80/87	8	85/92	11	100/106	18
	23	3979	4278	4225	85/92	12	90/97	15	100/106	19
5-27	24	4152	4464	4409	85/92	11	90/97	14	100/106	18
	25	4325	4650	4593	90/97	14	95/102	17	100/106	19
	26	4498	4836	4776	90/97	13	95/102	16	100/106	18
5-27	27	4671	5022	4963	95/102	15	100/107	18	100/106	18
	28	4844	5208	5144	95/102	14	100/107	17	100/106	17
5-31	29	5017	5394	5327	95/102	13	100/107	16	100/106	16
	30	5190	5580	5511	95/102	12	100/107	15	100/106	15
5-31	31	5363	5766	5695	95/102	11	100/107	14	100/106	14
5-37	32	5536	5952	5878	100/107	13	110/117	19	115/121	20
	33	5709	6138	6062	100/107	12	110/117	18	115/121	19
	34	5882	6324	6246	100/107	12	110/117	18	115/121	19
	35	6055	6510	6430	110/117	17	120/127	23	115/121	19
	36	6228	6696	6613	110/117	17	120/127	23	115/121	19
5-37	37	6401	6882	6797	110/117	16	120/127	22	115/121	18
5-43	43	7439	7998	7899	120/127	18	130/137	24	130/136	23
5-55	55	9515	10230	10104	130/137	17	140/147	23	130/136	17

1. Flat ducts possible as well (width = 75mm, height = 21mm)
2. Flat duct PT-PLUS for use with VSLab anchorage : see 2.2.3
3. Given values may slightly vary depending on local availability of ducts. In any case the filling ratio (cross-section steel / duct) must not exceed 0.5 (EN523)
4. Ø_s refers to outer pipe diameter. For rib diameter refer to section 2.2.3 (Page T 3)

Sumber : VSL Indonesia

2.5.10 Jarak Tendon

Faktor utama yang mengatur jarak tendon adalah ukuran tendon, besarnya desain tendon, bantalan beton pada anker tendon dan tendon diperbolehkan menahan tegangan. Tegangan yang diperbolehkan pada tendon adalah 0 – 8 tegangan leleh dan umumnya 0 – 6 in pada strand yang digunakan. Penggunaan jarak pada tendon dapat menggunakan rumus sebagai berikut (AASHTO, 1993) :

$$Y_t = \frac{f_t \times A_f}{\sigma_p \times D} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

- Y_t = Jarak tendon (in)
- f_t = Besarnya Tekanan yang bekerja pada tendon (psi)
- A_f = Luas penampang dari tendon (in²)
- D = Tebal perkerasan beton (in)
- σ_p = Besarnya Prategang pada beton (psi)

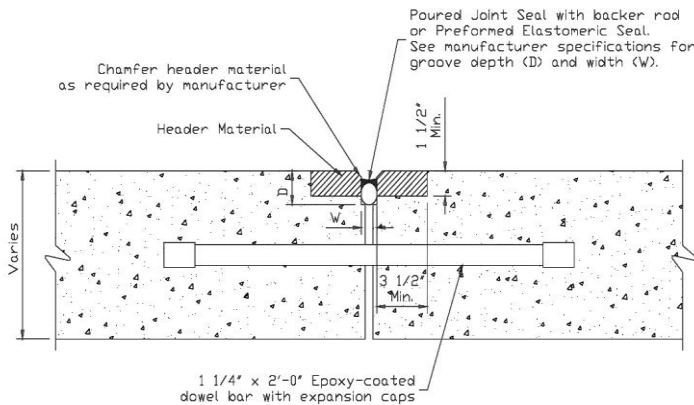
2.5.11 Detail Sambungan

1. Expansion Joint

Expansion joint hanya terdapat pada tengah-tengah joint panel untuk panel yang dipasang secara melintang, atau di setiap sambungan untuk panel yang dipasang secara memanjang. Sambungan ini sangat penting karena dari konsep PPCP sendiri sambungan pada joint panel diperlakukan sebagai sendi yang pada dasarnya mengalami dampak yang besar dari beban lalu lintas. Pada sambungan ini digunakan ruji (dowel) dan sambungan tipe ruji harus memerinci hal-hal sebagai berikut:

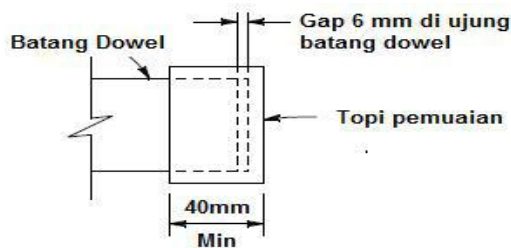
- a) Expansion joint tidak diperbolehkan memiliki lebar lebih dari 13 mm (0,5 in).
- b) Letak dan dimensi ruji serta topi pemuai (expansion cup) harus memungkinkan ruji dapat bergerak sejauh 6 mm di setiap ujung ruji, sesuai dengan detail pada Gambar 2.26.
- c) Ukuran batang ruji sesuai Gambar 2.25.

- d) Lokasi dan jarak batang ruji yang akan dicor berjarak 305 mm (12 in) dari pusat panel. Batang ruji untuk sambungan melintang dalam panel pracetak-prategang harus dari jenis polos.
- e) Panjang batang ruji agar dapat bergerak bebas di kedua sisi panel.
- f) Dudukan batang ruji pada cetakan panel.



Gambar 2.25 Pemasangan Dowel Pada Joint Panel

Sumber :M.Chang, 2004



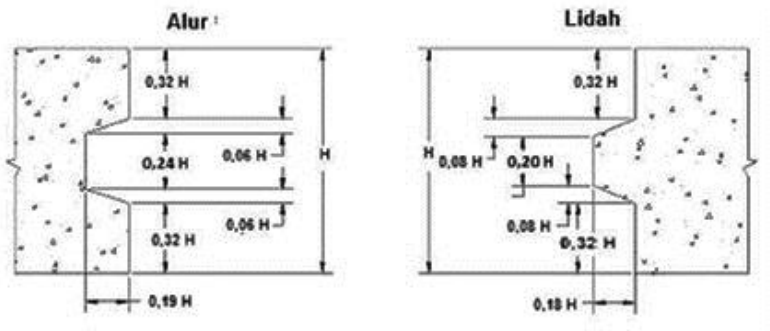
Gambar 2.26 Topi Pelindung Pemuaian Ruji
(Dowel Expansion Cup)

*Sumber : Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen
Pracetak-Prategang, 2015*

2. Sambungan melintang jenis lidah alur (shear key)

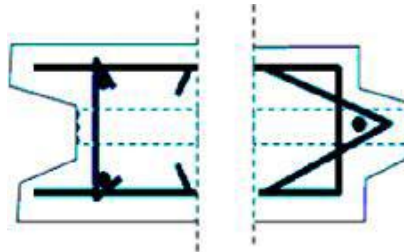
Sambungan melintang jenis lidah alur harus memerinci hal-hal sebagai berikut :

- Dimensi lidah alur melintang dan perkuatannya digambarkan secara perinci seperti dalam Gambar 2.27a dan Gambar 2.27b.
- Lokasi lidah alur harus dilekatkan atau disambung dengan perekat epoksi untuk beton semen.



Gambar 2.27a Dimensi Sambungan Lidah Alur

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen
Pracetak-Prategang, 2015

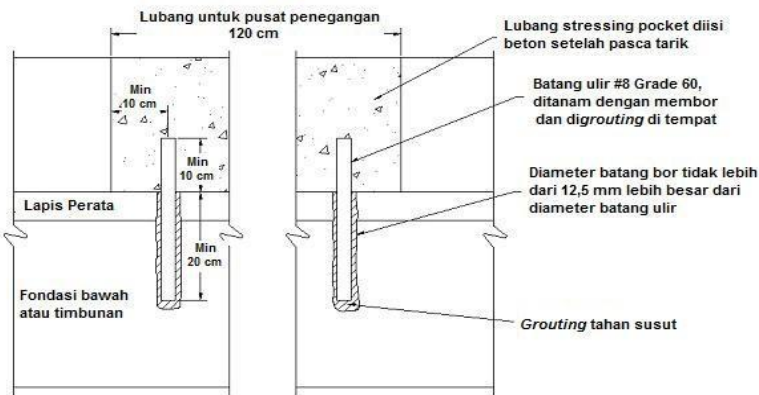


Gambar 2.27b Tipikal Perkuatan Sambungan Lidah Alur

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen
Pracetak-Prategang, 2015

2.5.12 Pemasangan Angkur Tanam

Pemasangan angkur tanam dilakukan pada dua *Central Panel* (CP) untuk panel practeka-prategang yang di pasang secara melintang. Angkur ini memiliki batang ulir dengan diameter 12,5 mm yang ditanam melalu lubang bor pada slot *Stressing Central Panel* sedalam minimum 20 cm. Dapat dilihat pada Gambar 2.28 pemasangan angkur pada *Central Panel*.



Gambar 2.28 Tipikal Perkuatan Sambungan Lidah Alur
 Sumber : *Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang, 2015*

2.5.13 Perhitungan Kait Pengangkat (Lifting Point)

Seluruh panel harus dilengkapi kait pengangkat (lifting point) sesuai dengan keperluan. Kait pengangkat tidak diizinkan menggunakan sambungan dengan pengelasan. Pada kait pengangkat ini dapat dihitung dengan pertimbangan sebagai berikut:

2.5.13.1 Kontrol Kapasitas Momen Akibat Pengangkatan

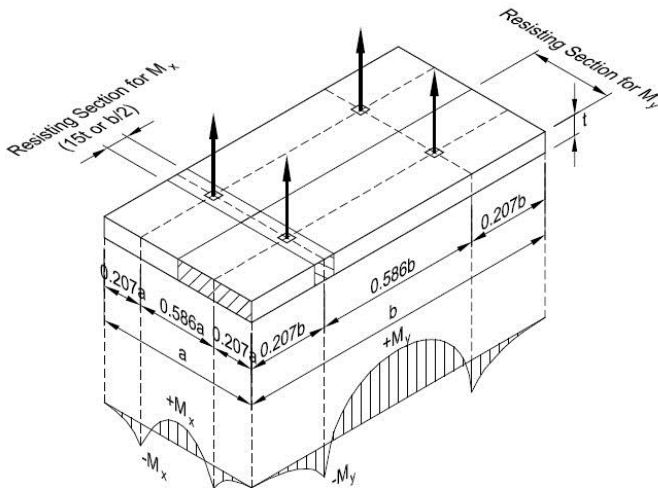
Pengangkatan pelat panel beton pada pemasangan di lapangan atau pun pengangkutan ke lokasi akan menimbulkan momen pada

panel tersebut. Besarnya momen tersebut ditetapkan oleh *PCI Design Handbook 6th Edition* dengan rumusan sebagai berikut :

$$-M_x = +M_x = 0.0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \dots\dots\dots (2.20)$$

$$-M_y = +M_y = 0.0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2 \dots\dots\dots (2.21)$$

Kuat momen pelat pada saat pengangkatan harus memenuhi persyaratan $\phi M_n \geq M_u$. Untuk penentuan diagram Momen dapat dilihat pada Gambar 2.29 dibawah ini.



Gambar 2.29 Diagram Momen Saat Pengangkatan Pelat Pracetak Dengan Empat Titik Point Angkat

Sumber : *PCI Design HandBok 6th Edition, 2004*

2.5.13.2 Perencanaan Tulangan Angkat

Sebagai akibat dari pengangkatan pelat pracetak maka untuk itu diperlukan perencanaan tulangan untuk kait pengangkat. Sehingga, pelat pracetak dapat diangkat dengan aman oleh alat pengangkat (*crane*) pada saat instalasi pelat pracetak. Maka perencanaan tulangan bisa dihitung sebagai berikut :

$$W = h \cdot \text{lebar} \cdot \text{panjang} \cdot \text{berat jenis beton} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T = 1.4 W \cdot \text{koef. kejut} \dots\dots\dots (2.23)$$

Beban Tiap Titik Angkat

$$Tu = \frac{T}{n \text{ Tulangan}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Tegangan ijin tulangan

$$f_{ijin} = \frac{fy}{1,5} \dots\dots\dots (2.25)$$

Diameter yang diperlukan

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4Tu}{\pi f_{ijin}}} \dots\dots\dots (2.26)$$

2.5.12.3 Kontrol Retak Akibat Pengangkatan

Pada saat pengangkatan pelat pracetak akan menimbulkan tegangan pada pelat yang mengakibatkan retak pada beton. Sehingga untuk mencegah retak yang terjadi ketika pengangkatan maka tegangan yang terjadi akan diperiksa agar tidak melebihi tegangan ijin (f_r).

$$f'c = \text{factual}$$

Kuat tekan beton saat pengangkatan

$$f'ci = 0,4 f'c \dots\dots\dots (2.27)$$

$$f_r = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'ci} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$y_c = \frac{h}{2} \dots\dots\dots (2.29)$$

Kontrol retak

$$Z = \frac{1}{6} \cdot b_{\text{eff}} \cdot h^2 \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\alpha_x = \arctg \cdot \frac{h_{\text{strand}}}{60,5 b} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$M_x = \frac{P \cdot y_c}{tg \alpha_x} \dots\dots\dots (2.32)$$

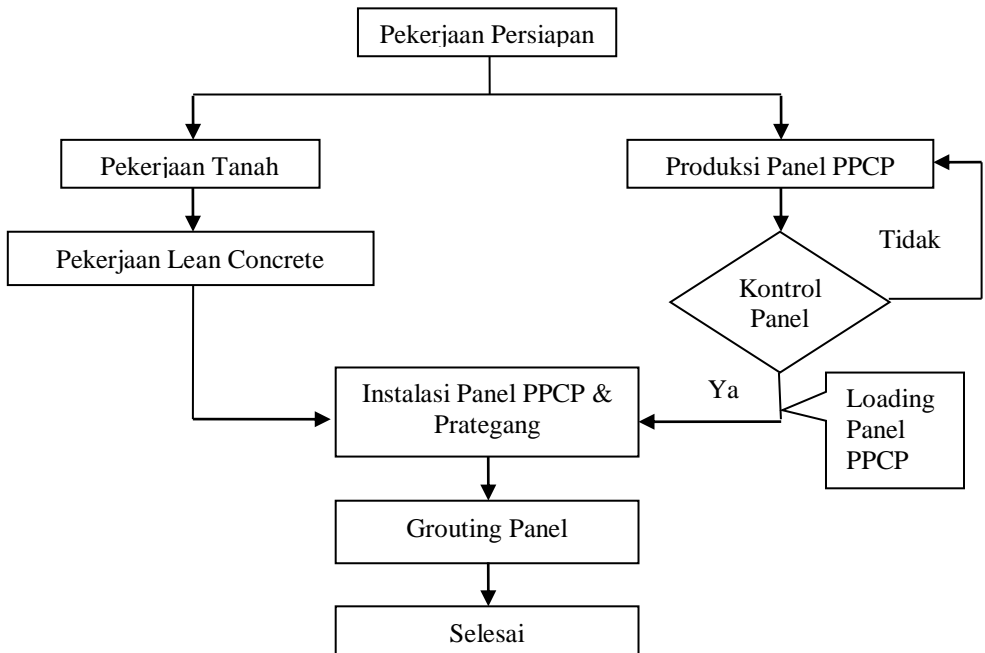
Kontrol tegangan pada penampang

$$f_{rijin} = \frac{fr}{SF} \dots \dots \dots (2.33)$$

$$ft = fb = \frac{M}{Z} \dots \dots \dots (2.34)$$

2.6 Metode Pelaksanaan PPCP

Dalam pelaksanaannya perkerasan jalan beton metode PPCP ini sendiri memiliki tahapan – tahapan dalam pekerjaannya. Dalam Gambar 2.30 menunjukkan alur tahapan pekerjaan dalam proses mulai tahap persiapan, produksi dan sampai tahap pemasangan di lokasi.



Gambar 2.30 Bagan Alur Pelaksanaan PPCP

2.7 Kontrol Geometrik

Dalam perencanaan jalan raya perlu dipertimbangkan aspek kenyamanan. Untuk itu perlu dilakukan kontrol terhadap geometrik jalan yang direncanakan untuk mengetahui jenis geometrik yang pantas untuk dilaksanakan. Umumnya geometrik pada jalan raya terbagi menjadi dua yakni :

1. Alinyemen Horizontal
2. Alinyemen Vertikal

2.7.1 Alinyement Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah suatu proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu, V_r . Kecepatan rencana diperlukan untuk menentukan jari-jari dari lengkung yang diterapkan pada jalan yang akan dibangun. Akan tetapi berdasarkan pertimbangan peningkatan jalan dikemudian hari sebaiknya hindari merencanakan alinyemen horisontal jalan dengan mempergunakan radius minimum yang menghasilkan lengkung tertajam. Radius minimum didapat dengan menggunakan rumus :

Dimana :

$$R_{\min} = \frac{V_r^2}{127(e_{maks} + f)} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

- | | |
|------------|--|
| R_{\min} | = Jari-jari munimum (meter) |
| V_r | = Kecepatan rencana (km/h) |
| e_{maks} | = superelevasi maksimum (%) |
| f | = Koefisien gesek, untuk perkerasan lentur |

Tabel 2.19 Harga R Min dan mask untuk Beberapa Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana	e maks (m/m')	f (maks)	R Min (perhitungan)	R Min Design (m)	D Maks Design (°)
40	0,1 0,08	0,166	47,363 51,213	47 51	30,48 28,09
50	0,1 0,08	0,160	75,858 82,192	76 82	18,85 17,47
60	0,1 0,08	0,153	112,041 121,659	11 122	12,79 11,74
70	0,1 0,08	0,147	156,522 170,343	157 170	9,12 8,43
80	0,1 0,08	0,140	209,974 229,062	210 229	6,82 6,25
90	0,1 0,08	0,128	280,350 307,371	280 307	5,12 4,67
100	0,1 0,08	0,115	366,233 403,796	366 404	3,91 3,55
110	0,1 0,08	0,103	470,497 522,058	470 522	3,05 2,74
120	0,1 0,08	0,090	596,769 666,975	597 667	2,4 2,15

Sumber : Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Silvia Sukirman, hal 76

► Bentuk-Bentuk Lengkung Horizontal

Ada dua bentuk lengkung horizontal yaitu

- Lengkung Full Circle (FC)
- Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-P-S)

1. Lengkung Full Circle(FC)

Bentuk Lengkung ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangent yang relatif kecil. Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perencanaan lengkung Full Circle.

$$T_c = R_c \tan (1/2 \Delta) \dots\dots\dots (2.36)$$

$$E_c = T_c \tan 0.25 \Delta \dots\dots\dots (2.37)$$

$$L_c = (\Delta \pi / 180) R_c \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

Δ = Sudut Tangent ($^\circ$)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

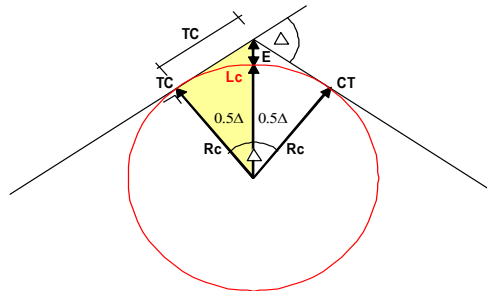
E_c = Jarak titik sudut dengan busur lingkaran (m)

L_c = Panjang Bagian Lengkung (m)

PI = Point of Intersection (Perpotongan kedua garis tangent)

T_c = Tangent circle, titik peralihan dari lurus ke bentuk circle

CT = Circle Tangent, titik peralihan dari bentuk circle ke lurus



Gambar 2.31 Lengkug Full Circle

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

2. Lengkung Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)

Pada lengkung S-C-S ini dikenal dengan lengkung peralihan (L_s). Yaitu lengkung yang disisipkan diantara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R . Bentuk lengkung ini dipakai bila jari-jari lebih kecil dari batas yang ditentukan untuk bentuk Full Circle. Selain itu jari-jari yang diambil harus

sesuai dengan kecepatan rencanan.Rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan lengkung Spiral-Circle-Spiral :

$$\theta_s = \frac{L_s \cdot 90}{\pi \cdot R_c} \dots \dots \dots (2.39)$$

$$\theta_c = \beta - 2\theta_s \dots \dots \dots (2.40)$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2\pi R_c \dots \dots \dots (2.36)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots \dots \dots (2.37)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots \dots \dots (2.38)$$

Diperoleh p^*

$$p = p - L_s \dots \dots \dots (2.41)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c} - R_c \cdot \sin \theta_2 \dots \dots \dots (2.40)$$

Diperoleh k^*

$$k = k * x L_s \dots \dots \dots (2.42)$$

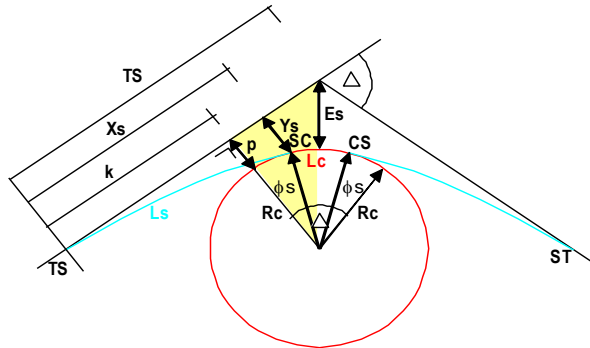
$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots \dots \dots (2.42)$$

$$T_s = (R_c + p) \tg \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana :

- X_s = Jarak titik T_s dengan S_c
- Y_s = Jarak tegak lurus ke titik S_c pada lengkung
- L_s = Panjang lengkung peralihan (TS-SC/CS-ST)
- L_c = Panjang busur lingkaran (SC-CS)
- T_s = Panjang tangent titik PI ke TS
- E_s = Jarak PI ke busur lingkaran
- θ_s = Sudut lengkunhg spiral

- Δ = Sudut Tangent
 R_c = Jari-jari lingkaran
 p = pergeseran tangent ke spiral
 k = absis dari p pada garis tangent spiral



Gambar 2.32 Lengkung Spiral-Circle-Spiral

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

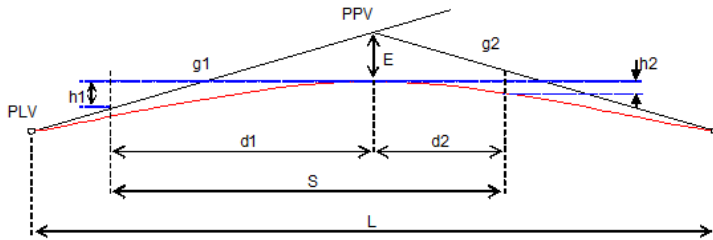
2.7.2. Alinyement Vertikal

Alinyemen Vertikal merupakan perpotongan pada bidang vertikal dengan bidang permukaan jalan melalui sumbu jalan. Dalam Alinyemen vertikal kelandaian diasumsikan bernilai positif (+) jika pendakian dan negatif (-) jika penurunan yang ditinjau dari kiri.

a. Lengkung Vertikal Cembung

Pada lengkung cembung dibatasi berdasarkan jarak pandang, yakni :

1. Jarak pandang berada seluruhnya dalam daerah langkung ($S < L$)



Gambar 2.33 Lengkung Vertikal Cembung ($S < L$)

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

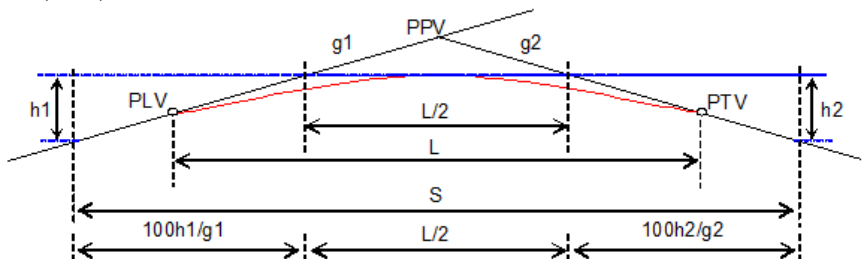
Persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

➤ Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana $h_1 = 10$ cm dan $h_2 = 120$ cm, maka persamaan yang digunakan adalah :

$$L = \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$L = \frac{AS^2}{399} \dots\dots\dots (2.45)$$

2. Jarak pandang berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$)



Gambar 2.34 Lengkung Vertikal Cembung ($S > L$)

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

Seperti halnya perhitungan lengkung cembung dengan $S < L$ persamaan untuk perhitungan lengkung ini sesuai dengan jarak pandang henti atau jarak pandang menyiap.

- Apabila digunakan jarak pandang henti, dimana $h_1 = 10$ cm dan $h_2 = 120$ cm, maka persamaan yang digunakan adalah :

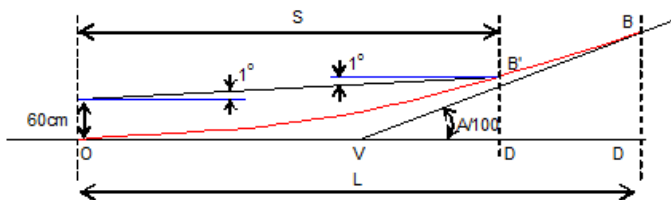
$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$L = 2S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(2.47)$$

b. Lengkung Vertikal Cekung

Berbeda dengan lengkung vertikal cembung, lengkung vertikal cekung dipengaruhi jarak penyinaran lampu kendaraan. Pada perencanaan tinggi lampu yang digunakan adalah 60 cm dengan sudut peyebaran sinar sebesar 1° . Perhitungan lengkung vertikal cekung dihitung berdasarkan letak lampu dengan kendaraan dapat dibedakan dua keadaan.

1. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $< L$



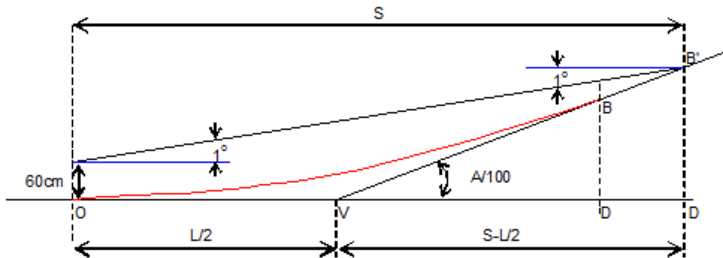
Gambar 2.35 Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S < L$)

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

Dengan asumsi perencanaan yakni tinggi lampu 60 cm dan sudut penyebaran sinar sebesar 1° , maka :

$$L = \frac{AS^2}{120+3.50S} \dots\dots\dots(2.48)$$

2. Lengkung vertikal cekung dengan jarak penyinaran lampu depan $> L$



Gambar 2.36 Lengkung Vertikal Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu ($S > L$)

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

Dengan asumsi perencanaan yang sama dengan persamaan diatas, untuk hal ini maka:

$$L = 2S - \frac{120+3.50S}{A} \dots\dots\dots(2.49)$$

Tabel 2.20 Jarak Pandang Henti (J_h) minimum

Vr km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota.

Tabel 2.21 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

V_r km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber : Tata cara Perencanaan Geometrik jalan antar kota.

2.8 Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan biaya merupakan suatu cara dan proses perhitungan untuk mendapatkan jumlah nilai atau besarnya kebutuhan biaya yang digunakan dalam mendirikan suatu konstruksi bangunan tertentu.

✓ Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah perkerjaan dalam suatu satuan. Untuk menghitung volume pekerjaan dapat dihitung dengan melihat pada gambar design baik long section ataupun cross section.

✓ Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan hasil dari perhitungan bagian penunjang dari suatu pekerjaan antara lain bahan, peralatan, upah, tenaga kerja dan sebagainya yang dikalikan dengan koefisien pekerja.

BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini akan ditulis langkah – langkah yang dipakai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir Perencanaan Ulang Jalan di Surabaya – Gresik Km. 3+175 – 7+185 Menggunakan Perkerasan Jalan Beton Dengan Metode PPCP (*Concrete Prestress Concrete Pavement*) ini adalah sebagai berikut :

3.1 Pekerjaan Persiapan

- a. Mencari informasi untuk data – data yang dibutuhkan pada instansi terkait.
- b. Mengurus surat pengantar dari Kaprodi Jurusan ke Instansi terkait dalam penyampaian permintaan data.
- c. Mengumpulkan data dan mempelajari dalam segala bentuk yang berkaitan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir.

3.2 Pengumpulan Data

- a. Data Primer
 - Survey Lokasi Lapangan
 - Dokumentasi Kondisi Eksisting
- b. Data Sekunder
 - Peta Lokasi Proyek dan Trase/Geometrik Jalan
 - Data CBR Tanah Dasar
 - Data Lalu Lintas (LHR)
 - Data HSPK Surabaya

3.3 Analisa Dan Pengolahan Data

- a. Analisa data lalu lintas

Data lalu lintas yang berupa LHR dianalisa untuk mendapatkan tingkat pertumbuhan tingkat pertumbuhan kendaraan baik pertumbuhan rata – rata maupun pertumbuhan tiap jenis kendaraan sampai dengan akhir umur rencana. Dengan angka pertumbuhan kendaraan

didapatkan data kapasitas kendaraan yang diperlukan untuk merencanakan pelebaran jalan. Sedangkan untuk perkerasan jalan diperlukan data –data beban kendaraan , yaitu : beban yang berkaitan dengan beban sumbu kendaraan, volume lalu lintas, pertumbuhan lalu lintas dan konfigurasi roda.

b. Analisa data CBR tanah dasar

Analisa tanah dasar dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah dasar karena mutu dan daya tahan suatu kontruksi perkerasan tidak lepas dari sifat tanah dasar. Analisa data CBR ini diperlukan data CBR dari beberapa tempat didaerah lokasi sehingga didapatkan nilai CBR rencananya. Dengan CBR rencana tersebut akan didapatkan daya dukung tanah dasar yang dinyatakan dengan modulus reaksi tanah dasar.

3.4 Perencanaan Struktur Perkerasan Beton Prategang

- a. Struktur dan jenis perkerasan
- b. Penentuan besar rencana
- c. Perencanaan tebal plat
- d. Perencanaan tulangan dan baja prategang
- e. Teknik penyambungan dan penulangan

3.5 Kontrol Geometrik Jalan

- a. Long Section
- b. Cross Section
- c. Alinyement Horisontal
- d. Alinyement Vertikal

3.6 Metode Pelaksanaan PPCP

Pada tahapan ini hanya dibahas metode pelaksanaan PPCP di lapangan bukan metode pelaksanaan yang ditinjau dalam segi waktu dan biaya pelaksanaan.

3.7 Gambar Rencana

- a. Gambar perencanaan geometrik jalan
- b. Gambar perencanaan tebal perkerasan jalan dan penampang melintang
- c. Gambar perencanaan drainase

3.8 Perhitungan RAB

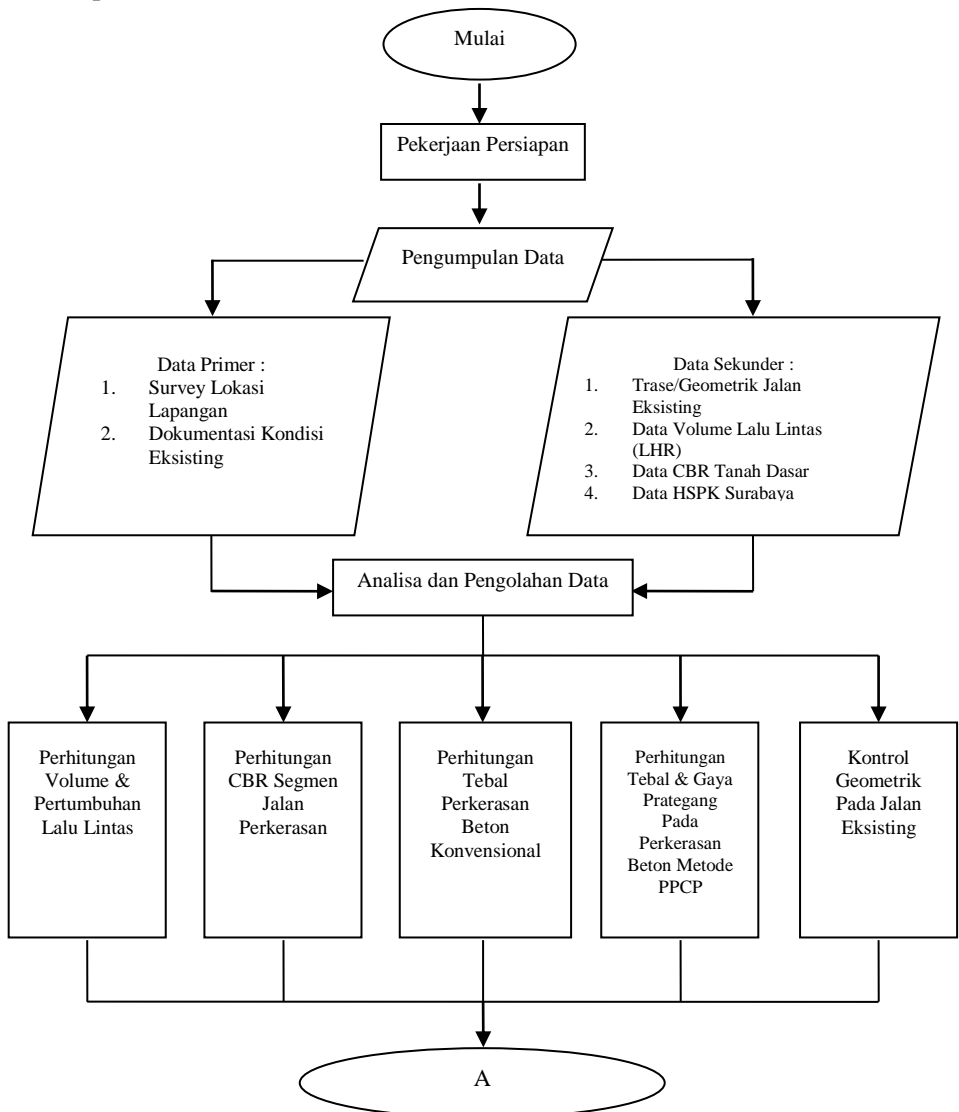
Pada Tahap ini berupa perhitungan biaya total yang diperlukan untuk melaksanakan pembangunan jalan pada segmen jalan yang direncanakan.

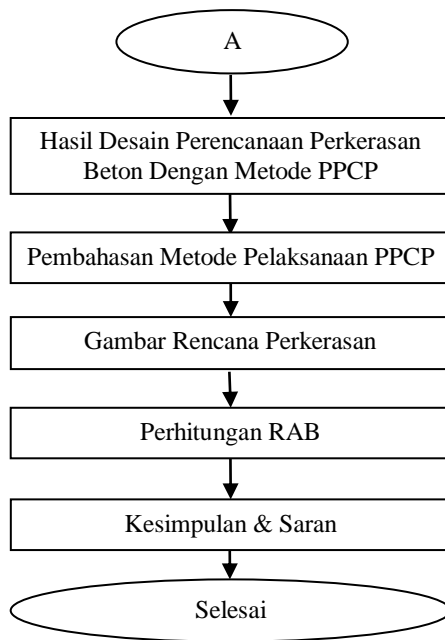
3.9 Kesimpulan Dan Saran

Pada bagan ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang diambil dari hasil perencanaan teknis.

3.10 BAGAN METODOLOGI

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dibuat langkah – langkah secara jelas yang dapat dilihat pada bagan metodologi pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Bagan Metodologi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA PERHITUNGAN

4.1 Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas

Dalam analisa pertumbuhan lalu lintas ini dibutuhkan data sekunder lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km 7+185 yang kemudian di olah menjadi LHR rencana sampai umur rencana.

4.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas mengenai jumlah kendaraan bermotor yang di peroleh pada tahun 2014 dan 2016 yang digunakan untuk sebagai acuan menghitung pertumbuhan lalu lintas pada masing – masing jumlah kendaraan. Dalam hal ini data LHR yang didapat digunakan untuk mencari pertumbuhan lalu lintas pada awal tahun rencana yaitu tahun 2017 sampai dengan akhir umur rencana yang di lakukan dengan analisa jam puncak (kend/jam) pada setiap ruas jalan pada masing – masing tahun yaitu tahun 2014 dan 2016 yang kemudian dihitung dengan pembagian faktor (k) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$k = \frac{Q_{jp}}{LHR}$$

$$LHR = \frac{Q_{jp}}{k}$$

Dimana :

Q_{jp} = Arus jam puncak (kend/jam)

LHR = Lalu lintas harian rata-rata (kend/hari)

k = 0,11 (faktor pengali untuk jalan luar kota)

Perhitungan rumus diatas dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)
Tahun 2014 Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)

No.	Jenis Kendaraan	Qjp (kend/jam)	k	LHR (kend/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	11073	0.11	100664
2	Gol. 2 (car/jeep)	240	0.11	2182
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	693	0.11	6300
4	Gol. 4 (utility, freight)	73	0.11	664
5	Gol. 5A (small bus)	3	0.11	27
6	Gol. 5B (large bus)	23	0.11	209
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	17	0.11	155
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0	0.11	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	2	0.11	18
10	Gol. 7B (truck/trailer)	0	0.11	0
11	Gol. 7C (semi trailer)	2	0.11	18
12	Gol. 8 (non motorized)	3	0.11	27
LHR Total		12129		110264

Tabel 4.2 Perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)
Tahun 2016 Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)

No.	Jenis Kendaraan	Qjp (kend/jam)	k	LHR (kend/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	9509	0.11	86445
2	Gol. 2 (car/jeep)	776	0.11	7055
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	289	0.11	2627
4	Gol. 4 (utility, freight)	162	0.11	1473
5	Gol. 5A (small bus)	0	0.11	0

6	Gol. 5B (large bus)	2	0.11	18
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	72	0.11	655
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0	0.11	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	28	0.11	255
10	Gol. 7B (truck/trailer)	10	0.11	91
11	Gol. 7C (semi trailer)	168	0.11	1527
12	Gol. 8 (non motorized)	53	0.11	482
LHR Total		11069		100628

Dari data perhitungan Tabel 4.1 dan 4.2 diatas maka didapat rekapitulasi data LHR (kend/hari) pada tahun 2014 dan tahun 2016 yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)
Jalan Surabaya – Gresik (Kend/hari)

No.	Jenis Kendaraan	Tahun 2014	Tahun 2016
1	Gol. 1 (motorcycle)	100664	86445
2	Gol. 2 (car/jeep)	2182	7055
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	6300	2627
4	Gol. 4 (utility, freight)	664	1473
5	Gol. 5A (small bus)	27	0
6	Gol. 5B (large bus)	209	18
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	155	655
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	18	255
10	Gol. 7B (truck/trailer)	0	91
11	Gol. 7C (semi trailer)	18	1527
12	Gol. 8 (non motorized)	27	482
LHR Total		110264	100628

4.1.2 Analisa Data Lalu Lintas

Dari data LHR (kend/hari) yang sudah di dapat dari hasil pengolahan data pada Tabel 4.3. Dalam melakukan analisa data lalu lintas dapat digunakan untuk mencari pertumbuhan kendaraan bermotor atau lalu lintas pertahun untuk masing – masing jenis kendaraan. Data LHR (kend/hari) harus terlebih dahulu dijadikan sama menjadi satuan mobil penumpang (smp/hari) dengan mengkalikan ekr untuk setiap jenis kendaraan.

Tabel 4.4 Ekr untuk jalan 2/2 TT

Tabel 13. Ekr untuk jalan 2/2TT							
Tipe alinemen	Arus total (kend./-jam)	Ekr					
		KBM	BB	TB	SM		
					Lebar jalur lalu lintas(m)		
					< 6m	6 - 8m	> 8m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber : PKJI, 2014

Dimana :

KBM = Kendaraan berat menengah meliputi truk dua gandar dan bus kecil

BB = Bus besar

TB = Truk besar meliputi truk tiga gandar atau lebih, truk tempelan, dan truk gandeng

SM = Sepeda motor

Tabel 4.5 Perhitungan LHR (smp/hari) Tahun 2014

No.	Jenis Kendaraan	LHR (kend/hari)	ekr	LHR (smp/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	100664	0.40	40266
2	Gol. 2 (car/jeep)	2182	1.00	2182
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	6300	1.00	6300
4	Gol. 4 (utility, freight)	664	1.00	664
5	Gol. 5A (small bus)	27	1.30	35
6	Gol. 5B (large bus)	209	1.50	314
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	155	1.30	202
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0	1.30	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	18	2.50	45
10	Gol. 7B (truck/trailer)	0	2.50	0
11	Gol. 7C (semi trailer)	18	2.50	45
12	Gol. 8 (non motorized)	27	0.00	0
LHR Total		110264		50053

Tabel 4.6 Perhitungan LHR (smp/hari) Tahun 2016

No.	Jenis Kendaraan	LHR (kend/hari)	ekr	LHR (smp/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	86445	0.40	34578
2	Gol. 2 (car/jeep)	7055	1.00	7055
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	2627	1.00	2627
4	Gol. 4 (utility, freight)	1473	1.00	1473
5	Gol. 5A (small bus)	0	1.30	0

6	Gol. 5B (large bus)	18	1.50	27
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	655	1.30	852
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0	1.30	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	255	2.50	638
10	Gol. 7B (truck/trailer)	91	2.50	228
11	Gol. 7C (semi trailer)	1527	2.50	3818
12	Gol. 8 (non motorized)	482	0.00	0
LHR Total		100628		51296

Dengan hasil perhitungan LHR (smp/hari) maka setiap kendaraan dianggap sama dengan satuan mobil penumpang (smp). Kemudian dilakukan perhitungan pertumbuhan lalu lintas dengan rumus pertumbuhan bunga pada setiap tahun pertumbuhan kendaraan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o} \right)^{1/t} - 1$$

Dimana :

r = laju pertumbuhan per tahun (%)

P_t = Jumlah kendaraan pada tahun tertentu (t)

P_o = Jumlah kendaraan pada awal tahun

t = Jangka waktu (tahun)

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o} \right)^{1/t} - 1$$

$$r = \left(\frac{5126}{50053} \right)^{1/2} - 1$$

$$r = 1,23\% \text{ (pertumbuhan rata-rata pertahun)}$$

Sehingga pada tahun 2017 jumlah kendaraan total (smp/hari) dapat dihitung sebagai berikut :

$$Pt = Po \times (1 + r)^t$$

$$Pt = 51296 \times (1 + 1,23\%)^2$$

$$Pt = 51927$$

Dengan hasil jumlah kendaraan total (smp/jam) di dapat maka untuk setiap jensi kendaraan yang di dapat dari pertumbuhan kendaraan pertahun dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan Pertumbuhan LHR
Tahun 2017

No.	Jenis Kendaraan	Tahun 2016	Pertumbuhan rata-rat per tahun (%)	Tahun 2017	
		(smp/hari)		(smp/hari)	(kend/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	34578	1.23%	35003	87508
2	Gol. 2 (car/jeep)	7055		7142	7142
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	2627		2659	2659
4	Gol. 4 (utility, freight)	1473		1491	1491
5	Gol. 5A (small bus)	0		0	0
6	Gol. 5B (large bus)	27		27	18
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	852		862	663
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0		0	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	638		646	258
10	Gol. 7B (truck/trailer)	228		231	92

11	Gol. 7C (semi trailer)	3818		3865	1546
12	Gol. 8 (non motorized)	0		0	0
LHR Total		51296		51927	101377

4.2 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Konvensional

Perencanaan perkerasan jalan beton konvensional dalam hal ini adalah diasumsikan menggunakan perkerasan beton bersambung dengan tulangan (BBDT) dengan ruji atau dowel dan tanpa bahu beton.

4.2.1 Tanah Dasar

Pada perencanaan ulang jalan ini ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km. 7+185 untuk perhitungan tebal pelat beton CBR yang digunakan adalah CBR tanah dasar.

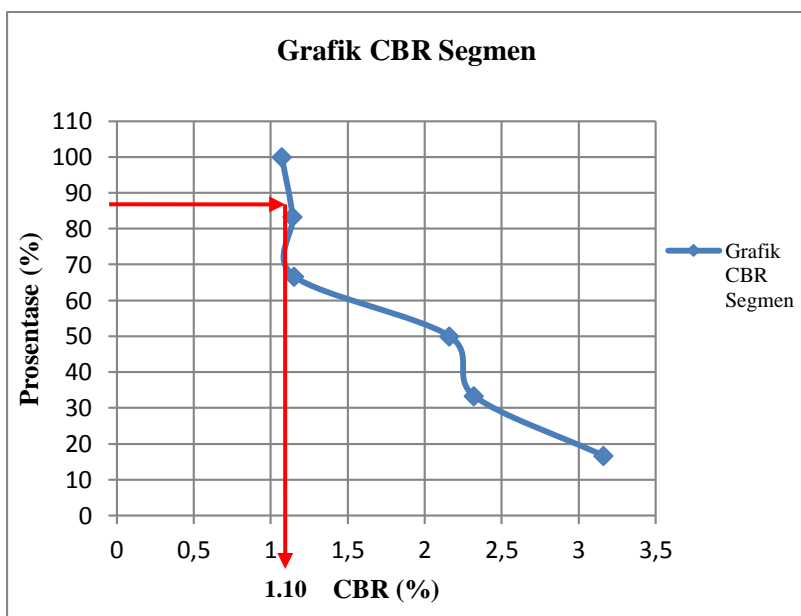
Tabel 4.8 Data CBR Tanah Dasar

No.	STA	CBR (%)	Diurutkan	Jumlah yg sama atau lebih besar	Prosentase yg sama atau lebih besar (%)
1	BD 1 (3+250)	3.16	1.07	6	100
2	TP 7 (4+500)	2.32	1.14	5	83
3	TP 9 (5+150)	1.14	1.15	4	67
4	TP 10-1 (5+638)	1.15	2.16	3	50

5	TP 10-2 (5+750)	1.07	2.32	2	33
6	TP11 (6+650)	2.16	3.16	1	17

Sumber : Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V

Dari data CBR tanah dasar pada Tabel 4.8 diatas maka dapat digambarkan dalam grafik CBR adalah sebagai berikut :

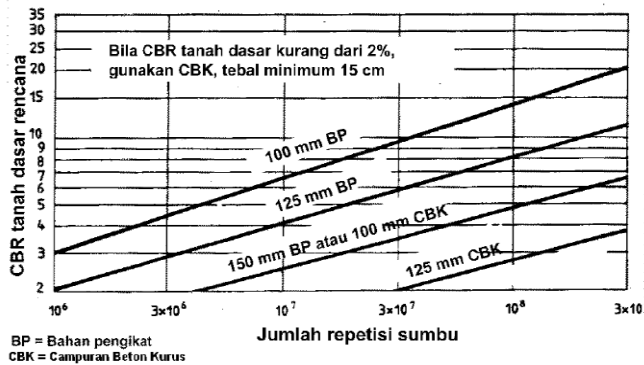


Gambar 4.1 Grafik CBR Tanah Dasar

Pada gambar grafik diatas didapat CBR tanah dasar adalah 1,10%

4.2.2 Pondasi Bawah

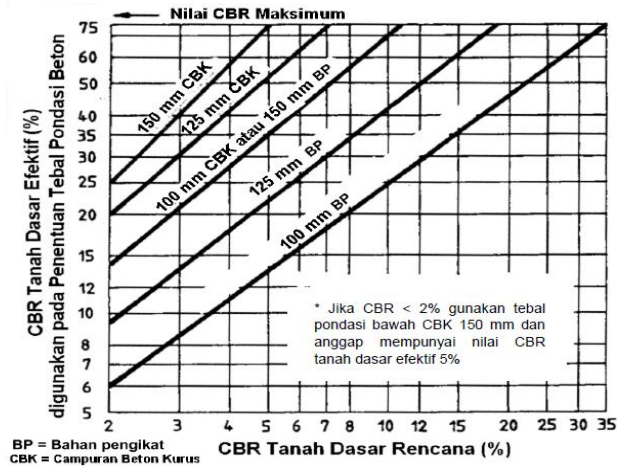
Dalam perhitungan tanah dasar sebelumnya yang didapat nilai CBR tanah dasar adalah 1,10% maka selanjutnya diplotkan pada grafik dari Gambar 4.2 untuk menentukan tebal pondasi bawah minimum dan Gambar 4.3 untuk mengetahui CBR tanah dasar efektif pada pondasi bawah yang sudah di dapatkan.



Gambar 4.2 Tebal Pondasi Bawah Minimum

Sumber : Pd T-14-2003

Karena nilai CBR tanah dasar adalah 1,10% sehingga dari ketentuan pada grafik jika CBR tanah dasar kurang dari 2% maka digunakan pondasi bawah adalah CBK (Campuran Beton Korus) atau LMC (*Lean-Mix Concrete*) dengan tebal minimum adalah 15 cm.



Gambar 4.3 CBR Tanah Dasar Efektif

Sumber : Pd T-14-2003

Dengan melihat grafik pada Gambar 4.3 diatas dengan mengacu ketentuan pada grafik jika $CBR < 2\%$ digunakan pondasi bawah adalah CBK (Campuran Beton Kuras) atau LMC (*Lean-Mix Concrete*) dengan tebal minimum adalah 15 cm dan dianggap nilai CBR tanah dasar efektif adalah 5%.

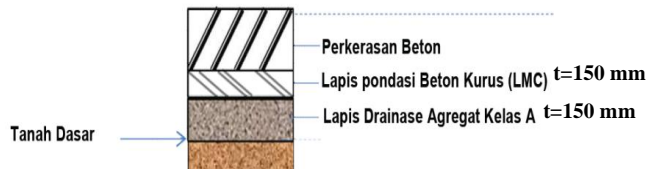
Tabel 4.9 Bagan Desain Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

(Ketentuan desain untuk bagan solusi : perkerasan dengan sambungan dan dowel serta *tied shoulder*, dengan atau tanpa tulangan distribusi retak)

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overloaded) ¹¹	<4,3x10 ⁵	<8,6 x 10 ⁵	<25,8 x 10 ⁵	<43 x 10 ⁵	<86 x 10 ⁵
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Pondasi LMC	150				
Lapis Pondasi Agregat Kelas A ¹²	150				

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan 2013

Pada Tabel 4.9 diatas adalah bagan desain perkerasan kaku untuk jalan dengan lalu lintas berat. Dalam proyek tugas akhir ini berlokasi di ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km. 7+185 yang merupakan jalan arteri primer penghubung Kota Surabaya dan Gresik. Pada ruas jalan tersebut merupakan jalan untuk lalu lintas pusat industri perdagangan dan pelabuhan dengan berbagai jenis kendaraan muatan yang berlebih. Sehingga dengan mengacu pada tabel diatas maka di gunakan pondasi bawah sesuai gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Struktur Perkerasan Kaku

4.2.3 Lapis Pemecah Ikatan Pondasi Bawah dan Pelat Beton

Di bawah lapisan pelat beton dipelukan membran berupa plastik (*polyethylene*) untuk kedap air dan memperkecil friksi antar dasar pelat beton dengan lapisan di bawahnya. Lapisan plastik ini digunakan tebal 0,15 mm dan pada pelaksanaan nya di lakukan sambungan tumpang tindih dengan lebar sekurang-kurangnya 300 mm.

4.2.4 Lapis Pondasi Bahu Jalan

Bahu jalan ini berfungsi sebagai tempat kendaraan jika mengalami kerusakan dan berhenti diatas bahu jalan atau digunakan jika kendaraan mengalami kecelakaan atau slip sehingga keluar dari badan jalan. Dalam perencanaan ini lapis pondasi yang digunakan adalah Lapis Agregat Kelas B yang memiliki nilai CBR 80% dengan kepadatan CBR tersebut kendaraan berat dapat berhenti atau berjalan diatas lapisan bahu jalan.

4.2.5 Perhitungan Tebal Perkerasan Beton Konvensional

Perhitungan tebal pelat beton konvensional ini harus dipertimbangkan total kerusakan fatik dan erosi yang dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana (UR) 20 tahun yang akan datang. Jika kerusakan fatik dan erosi lebih dari ketentuan 100%, maka tebal taksiran dinaikan sampai dengan tebal pelat beton tersebut memiliki total kerusakan fatik dan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

4.2.5.1 Perhitungan Data Muatan Maksimum Kendaraan

Kendaraan untuk muatan maksimum yang ditinjau dalam perhitungan tebal perkerasan beton adalah yang mempunyai berrat total minimum 5 ton. Dalam hal ini konfigurasi sumbu pada setiap jenis kendaraan yang diperhitungan terdiri atas 4 jenis

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

Tabel 4.10 Pengelompokan Kendaraan Niaga Sesuai dengan Sumbu/As

No	Jenis Kendaraan	Pengelompokan Kendaraan	Jenis As	
			RD	RB
1.	Gol.2 (car/jeep), Gol. 3 (utility/passenger), Gol. 4 (utility/freight)	Mobil Penumpang	STRT	STRT
2.	Gol. 5A (small bus)	Bus Kecil	STRT	STRT
3.	Gol. 5 B (large bus)	Bus Besar	STRT	STRG
4.	Gol. 6A (2-low axle truck)	Truk 2 As Ringan	STRT	STRT
5.	Gol. 6A (2-high axle truck)	Truk 2 As Sedang	STRT	STRG
6.	Gol. 7A (3-axle truck)	Truk 3 As	STRT	STdRG

7.	Gol. 7B (truck/trailer)	Truck Gandeng/Tra iler	STRT	STdRG STRG STRG
8.	Gol. 7C (semi trailer)	Semi Trailer	STRT	STdRG STdRG

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

Pada perhitungan tebal perkerasan jalan beton ini di gunakan perhitungan dengan konfigurasi beban berdasarkan standar Bina Marga dan konfigurasi beban Aktual VDF di lapangan dengan hasil survey beban menggunakan *weight in motion* (WIM) tahun 2010 pada kendaraan berat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. Perhitungan VDF pada kendaraan berat menjadi beban sumbu kendaraan adalah sebagai berikut :

$$\text{VDF} = \left(\frac{P}{\text{Beban Sumbu Standar}} \right)^4$$

$$P = (\text{VDF})^{1/4} \times \text{Beban Sumbu Standar}$$

Dimana :

P = Beban sumbu kendaraan

VDF = Faktor daya rusak kendaraan

Beban Sumbu Standar menurut *Ausroad*, meliputi :

- *Single axle single wheel* = 5,4 ton
- *Single axle dual wheel* = 8,16 ton
- *Tandem axle dual wheel* = 15 ton
- *Triple axle dual wheel* = 18 ton

Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Kendaraan dan Konfigurasi Sumbu Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Beban Total Kendaraan (Ton)	
			Standar	VDF Aktual
1.	Gol.2 (car/jeep), Gol. 3 (utility/passenger), Gol. 4 (utility/freight)	1.1	2	2
2.	Gol. 5A (small bus)	1.1	6	6
3.	Gol. 5 B (large bus)	1.2	9	9
4.	Gol. 6A (2-low axle truck)	1.1	8,3	8,3
5.	Gol. 6A (2-high axle truck)	1.2	18,2	22,49
6.	Gol. 7A (3-axle truck)	1.2.2	25	34,9
7.	Gol. 7B (truck/trailer)	1.2.2-2.2	31,4	53,21
8.	Gol. 7C (semi trailer)	1.2.2.2.2	42	73,26

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

Berikut ini penjelasan perhitungan konfigurasi distribusi beban sumbu pada masing-masing kendaraan :

1. Konfigurasi Sumbu Beban Standar Bina Marga

a. Mobil Penumpang

Muatan maksimum = 2000 kg = 2 ton

Total 2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :

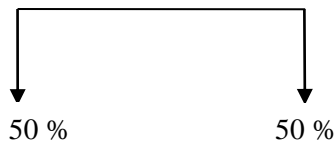


$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\
 &= 1 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\
 &= 1 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Bus Kecil

Muatan maksimum = 6000 kg = 6 ton

Total 6 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 50\% \times 6 \text{ ton} \\
 &= 3 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRT)} &= 50\% \times 6 \text{ ton} \\
 &= 3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

c. Bus Besar

Muatan maksimum = 9000 kg = 9 ton

Total 9 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 40\% \times 9 \text{ ton} \\
 &= 3,6 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 60\% \times 9 \text{ ton} \\
 &= 5,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Truk 2 As Ringan

Muatan maksimum = 8300 kg = 8,3 ton

Total 8,3 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



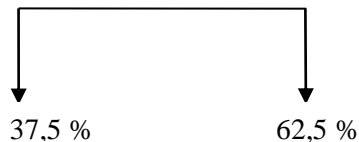
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 34\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 2,82 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 66\% \times 8,3 \text{ ton} \\ &= 5,48 \text{ ton}\end{aligned}$$

e. Truk 2 As Sedang

Muatan maksimum = 18200 kg = 18,2 ton

Total 18,2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



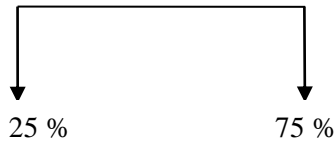
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 37,5\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 6,825 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 62,5\% \times 18,2 \text{ ton} \\ &= 11,375 \text{ ton}\end{aligned}$$

f. Truk 3 As

Muatan maksimum = 25000 kg = 25 ton

Total 25 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



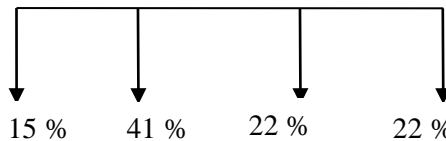
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 25\% \times 25 \text{ ton} \\ &= 6,25 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 75\% \times 25 \text{ ton} \\ &= 18,75 \text{ ton}\end{aligned}$$

g. Truk Gandeng/Trailer

$$\text{Muatan maksimum} = 31400 \text{ kg} = 31,4 \text{ ton}$$

Total 31,4 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 15\% \times 31,4 \text{ ton} \\ &= 4,71 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 41\% \times 31,4 \text{ ton} \\ &= 12,87 \text{ ton}\end{aligned}$$

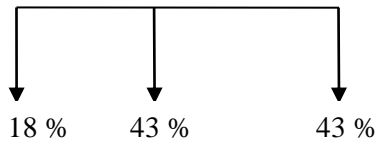
$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 22\% \times 31,4 \text{ ton} \\ &= 6,91 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 22\% \times 31,4 \text{ ton} \\ &= 6,91 \text{ ton}\end{aligned}$$

h. Truk Semi Trailer

$$\text{Muatan maksimum} = 42000 \text{ kg} = 42 \text{ ton}$$

Total 42 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 18\% \times 42 \text{ ton} \\
 &= 5,88 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 43\% \times 42 \text{ ton} \\
 &= 18,06 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 43\% \times 42 \text{ ton} \\
 &= 18,06 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2. Konfigurasi Sumbu Beban VDF Aktual dari hasil survey beban WIM Tahun 2010 untuk kendaraan berat

a. Mobil Penumpang

Muatan maksimum = 2000 kg = 2 ton

Total 2 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\
 &= 1 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu belakang (STRT)} &= 50\% \times 2 \text{ ton} \\
 &= 1 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Bus Kecil

Muatan maksimum = 6000 kg = 6 ton

Total 6 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



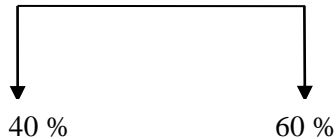
Beban sumbu depan (STRT) = $50\% \times 6 \text{ ton}$
 = 3 ton

Beban sumbu belakang (STRT) = $50\% \times 6 \text{ ton}$
 = 3 ton

c. Bus Besar

Muatan maksimum = 9000 kg = 9 ton

Total 9 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



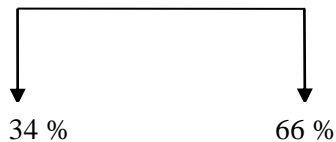
Beban sumbu depan (STRT) = $40\% \times 9 \text{ ton}$
 = 3,6 ton

Beban sumbu belakang (STRG) = $60\% \times 9 \text{ ton}$
 = 5,4 ton

d. Truk 2 As Ringan

Muatan maksimum = 8300 kg = 8,3 ton

Total 8,3 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



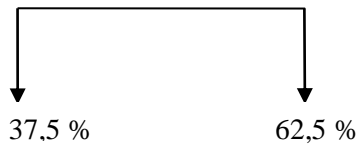
Beban sumbu depan (STRT) = $34\% \times 8,3 \text{ ton}$

$$\begin{aligned}
 &= 2,82 \text{ ton} \\
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 66\% \times 8,3 \text{ ton} \\
 &= 5,48 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

e. Truk 2 As Sedang

$$\text{Muatan maksimum} = 22490 \text{ kg} = 22,49 \text{ ton}$$

Total 22,49 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 37,5\% \times 22,49 \text{ ton} \\
 &= 8,43 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu belakang (STRG)} &= 62,5\% \times 22,49 \text{ ton} \\
 &= 14,06 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

f. Truk 3 As

$$\text{Muatan maksimum} = 34490 \text{ kg} = 34,49 \text{ ton}$$

Total 34,49 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 25\% \times 34,49 \text{ ton} \\
 &= 8,62 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 75\% \times 34,49 \text{ ton} \\
 &= 25,87 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

g. Truk Gandeng/Trailer

Muatan maksimum = 53210 kg = 53,21 ton

Total 53,21 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 15\% \times 53,21 \text{ ton} \\ &= 7,98 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 41\% \times 53,21 \text{ ton} \\ &= 21,82 \text{ ton}\end{aligned}$$

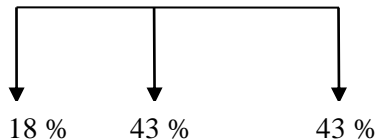
Beban sumbu belakang (STRG) = 22% x 53,21 ton
= 11,71 ton

Beban sumbu belakang (STRG) = 22% x 53,21 ton
= 11,71 ton

h. Truk Semi Trailer

Muatan maksimum = 73260 kg = 73,26 ton

Total 73,26 ton dengan distribusi beban sumbu sebagai berikut :



$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu depan (STRT)} &= 18\% \times 73,26 \text{ ton} \\ &= 10,26 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban sumbu belakang (STdRG)} &= 43\% \times 73,26 \text{ ton} \\ &= 31,50 \text{ ton}\end{aligned}$$

Beban sumbu belakang (STdRG) = $43\% \times 73,26 \text{ ton}$
= 31,50 ton

4.2.5.2 Analisa Lalu lintas

Sebelumnya sudah di hitung untuk analisa pertumbuhan lalu lintas dari data LHR yang sudah didapatkan. Pertumbuhan lalu lintas rata – rata pertahun (i) adalah 1,23%. Dari nilai tersebut pada masing – masing jenis kendaraan didapat LHR (kend/hari) pada tahun awal perencanaan yaitu tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rekapitulasi LHR Tahun 2017

No.	Jenis Kendaraan	LHR (kend/hari)
1	Gol. 1 (motorcycle)	87508
2	Gol. 2 (car/jeep)	7142
3	Gol. 3 (utility, pessenger)	2659
4	Gol. 4 (utility, freight)	1491
5	Gol. 5A (small bus)	0
6	Gol. 5B (large bus)	18
7	Gol. 6A (2 - low axle truck)	663
8	Gol. 6B (2 - high axle truck)	0
9	Gol. 7A (3 - axle truck)	258
10	Gol. 7B (truck/trailer)	92
11	Gol. 7C (semi trailer)	1546
LHR Total		101377

Setelah didapat jumlah kendaraan pada masing – masing jenis kendaraan maka akan dilakukan perhitungan jumlah sumbu kendaraan berdasarkan jenis dan beban pada kendaraan dengan penggunaan beban kendaraan standar Bina Marga dan VDF aktual yang sudah dihitung konfigurasi sumbu beban untuk masing – masing pengelompokan jenis kendaraan. Kemudian dapat di tampilkan pada Tabel 4.13 untuk beban standar dan Tabel 4.14 untuk beban VDF aktual.

Tabel 4.13 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya (Beban Standar Bina Marga)

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jumlah Kend (bh)	Jumlah Sumbu Per Kend (bh)	Jumlah Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
(1)	(2)				(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(12)
Gol. 1 (motorcycle)	-	-	-	-	87508	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 2 (car/jeep)	1.00	1.00	-	-	7142	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 3 (utility, pessenger)	1.00	1.00	-	-	2659	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 4 (utility, freight)	1.00	1.00	-	-	1491	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 5A (small bus)	3.00	3.00	-	-	0	2	0	3.00 3.00	0 0	-	-	-	-
Gol. 5B (large bus)	3.60	-	-	5.40	18	2	36	3.60	18	5.40	18	-	-
Gol. 6A (2 - low axle truck)	2.82	5.48	-	-	663	2	1326	2.82 5.48	663 663	-	-	-	-
Gol. 6B (2 - high axle truck)	6.83	-	-	11.38	0	2	0	6.83	0	11.38	0	-	-
Gol. 7A (3 - axle truck)	6.25	-	-	18.75	258	2	516	6.25	258	-	-	18.75	258
Gol. 7B (truck/trailer)	4.71	-	12.87	6.91 6.91	92	4	368	4.71	92	6.91 6.91	92 92	12.87	92
Gol. 7C (semi trailer)	5.88	-	18.06	18.06	1546	3	4638	5.88	1546	-	-	18.06 18.06	1546 1546
Total							6884		3240		202		3442

Tabel 4.14 Perhitungan Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya (Beban VDF Aktual)

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)				Jumlah Kend (bh)	Jumlah Sumbu Per Kend (bh)	Jumlah Sumbu (bh)	STRT		STRG		STdRG	
	RD	RB	RGD	RGB				BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)	BS (ton)	JS (bh)
(1)	(2)				(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(12)
Gol. 1 (motorcycle)	-	-	-	-	87508	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 2 (car/jeep)	1.00	1.00	-	-	7142	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 3 (utility, pessenger)	1.00	1.00	-	-	2659	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 4 (utility, freight)	1.00	1.00	-	-	1491	-	-	-	-	-	-	-	-
Gol. 5A (small bus)	3.00	3.00	-	-	0	2	0	3.00 3.00	0 0	-	-	-	-
Gol. 5B (large bus)	3.60	-	-	5.40	18	2	36	3.60	18	5.40	18	-	-
Gol. 6A (2 - low axle truck)	2.82	5.48	-	-	663	2	1326	2.82 5.48	663 663	-	-	-	-
Gol. 6B (2 - high axle truck)	8.43	-	-	14.06	0	2	0	8.43	0	14.06	0	-	-
Gol. 7A (3 - axle truck)	8.62	-	-	25.87	258	2	516	8.62	258	-	-	25.87	258
Gol. 7B (truck/trailer)	7.98	-	21.82	11.71 11.71	92	4	368	7.98	92	11.71 11.71	92 92	21.82	92
Gol. 7C (semi trailer)	10.26	-	31.50	31.50	1546	3	4638	10.26	1546	-	-	31.50 31.50	1546 1546
Total							6884		3240		202		3442

Dimana :

- RD = Roda depan
- RB = Roda belakang
- RGD = Roda gandeng depan
- RGB = Roda gandeng belakang
- BS = Beban sumbu
- JS = Jumlah sumbu
- STRT = Sumbu tunggal roda tunggal
- STRG = Sumbu tunggal roda ganda
- STdRG = Sumbu tandem roda ganda

Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) sesuai dengan umur rencana (UR) 40 tahun dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

Dimana :

- R = Faktor pertumbuhan lalu lintas
- i = Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)
- UR = Umur rencana (tahun)

$$R = \frac{(1+0,01(1,23\%))^{40} - 1}{0,01(1,23\%)}$$

$$R = 40,10$$

Selanjutnya di hitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) rencana selama umur rencana (UR) 40 tahun.

$$JSKN \text{ rencana} = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur

rencana

JSKNH = Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari

R = Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas

C = Koefisien distribusi kendaraan (Tabel 4.15)

Tabel 4.15 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar perkerasan (L_p)	Jumlah lajur (n_l)	Koefisien distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

Sumber : Pd T-14-2003

Dari tabel diatas di dapat koefisien distribusi (C) adalah 0,45 dan untuk nilai JSKNH = 6884 buah kendaraan yang di dapat dari perhitungan pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14

$$\begin{aligned}
 \text{JSKN rencana} &= \text{JSKNH} \times 365 \times R \times C \\
 &= 6884 \times 365 \times 40,10 \times 0,45 \\
 &= 45340950 \\
 &= 4,53 \times 10^7
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana
(Beban Standar Bina Marga)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	LaLin Rencana	Repetisi yg Terjadi
STRT	6.83	0	0.00	0.47	45340950	0
	6.25	258	0.08	0.47	45340950	1699298
	5.88	1546	0.48	0.47	45340950	10182613
	5.48	663	0.20	0.47	45340950	4366800
	4.71	92	0.03	0.47	45340950	605951
	3.60	18	0.01	0.47	45340950	118556
	3.00	0	0.00	0.47	45340950	0
	2.82	663	0.20	0.47	45340950	4366800
Total		3240	1.00			
STRG	11.38	0	0.00	0.03	45340950	0
	6.91	184	0.91	0.03	45340950	1211902
	5.40	18	0.09	0.03	45340950	118556
Total		202	1.00			
STdRG	18.75	258	0.07	0.50	45340950	1699298
	18.06	3092	0.90	0.50	45340950	20365226
	12.87	92	0.03	0.50	45340950	605951
Total		3442	1.00			
Komulatif						45340950

Tabel 4.17 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana
(Beban VDF Aktual)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	LaLin Rencana	Repetisi yg Terjadi
STRT	6.83	0	0.00	0.47	45340950	0
	6.25	258	0.08	0.47	45340950	1699298
	5.88	1546	0.48	0.47	45340950	10182613
	5.48	663	0.20	0.47	45340950	4366800
	4.71	92	0.03	0.47	45340950	605951

	3.60	18	0.01	0.47	45340950	118556
	3.00	0	0.00	0.47	45340950	0
	2.82	663	0.20	0.47	45340950	4366800
Total		3240	1.00			
STRG	11.38	0	0.00	0.03	45340950	0
	6.91	184	0.91	0.03	45340950	1211902
	5.40	18	0.09	0.03	45340950	118556
Total		202	1.00			
STdRG	18.75	258	0.07	0.50	45340950	1699298
	18.06	3092	0.90	0.50	45340950	20365226
	12.87	92	0.03	0.50	45340950	605951
Total		3442	1.00			
Komulatif						45340950

4.2.5.3 Tebal Perkerasan Pelat Beton Konvensional

Pada penentuan tebal perkerasan pelat beton ini dihitung berdasarkan beban kendaraan yang sudah dihitung sebelumnya menggunakan konfigurasi sumbu beban kendaraan standar Bina Marga dan beban VDF aktual kendaraan dari hasil survey beban menggunakan *weight in motion* (WIM) tahun 2010.

1. Pehitungan Tebal Perkerasan Pelat Beton dengan Beban Standar Bina Marga

Data perencanaan tebal pelat beton :

- Jenis perkerasan = BBDT dengan ruji/dowel
- Jensi bahu = tanpa bahu beton
- Umur rencana = 40 tahun
- JSKN rencana = 45340950 ($4,53 \times 10^7$)
- Faktor keamanan beban (F_{KB}) = 1.15 (Tabel 4.18)
- Kuat tekan beton (f_c') = 41,50 MPa (K-500 kg/cm²)
umur 28 hari
- Kuat tarik lentur beton = 4 MPa

- (f'cf) umur 28 hari
- CBR tanah dasar = 1,10 %
 - CBR efektif tanah dasar = 5 %
 - Tebal taksiran pelat beton = 300 mm
 -

Tabel 4.18 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1.	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan rute alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan menengah rendah	1,0

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.19 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR eff tanah dasar	Tegangan Ekvivalen (Setara)				Faktor Erosi			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Dengan Ruji Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG
270	5	0,68	1,19	1,13	0,87	1,84	2,44	2,65	2,83
270	10	0,66	1,12	1,03	0,79	1,83	2,43	2,62	2,78
270	15	0,64	1,09	0,98	0,75	1,83	2,43	2,6	2,75
270	20	0,63	1,06	0,96	0,72	1,82	2,42	2,59	2,73
270	25	0,62	1,04	0,93	0,7	1,82	2,42	2,58	2,71
270	35	0,6	0,99	0,87	0,65	1,81	2,41	2,55	2,67
270	50	0,58	0,95	0,81	0,61	1,8	2,4	2,52	2,63
270	75	0,56	0,89	0,74	0,57	1,79	2,39	2,5	2,58
280	5	0,65	1,13	1,08	0,83	1,8	2,4	2,62	2,8

280	10	0,62	1,06	0,99	0,75	1,79	2,39	2,58	2,74
280	15	0,6	1,03	0,94	0,72	1,78	2,38	2,56	2,71
280	20	0,6	1,01	0,92	0,69	1,77	2,37	2,55	2,7
280	25	0,59	0,99	0,89	0,67	1,77	2,37	2,54	2,68
280	35	0,57	0,94	0,83	0,62	1,76	2,36	2,51	2,64
280	50	0,55	0,9	0,78	0,59	1,75	2,35	2,48	2,6
280	75	0,53	0,86	0,71	0,53	1,74	2,34	2,46	2,55
290	5	0,61	1,08	1,04	0,8	1,75	2,35	2,58	2,77
290	10	0,59	1,01	0,95	0,73	1,74	2,34	2,54	2,71
290	15	0,58	0,98	0,9	0,7	1,74	2,34	2,52	2,68
290	20	0,57	0,96	0,88	0,67	1,73	2,33	2,51	2,67
290	25	0,56	0,94	0,85	0,65	1,73	2,33	2,5	2,65
290	35	0,54	90.00	80.00	60.00	1,72	2,32	2,47	2,61
290	50	0,52	86.00	75.00	56.00	1,71	2,31	2,44	2,56
290	75	0,5	0,81	0,68	0,52	1,7	2,3	2,42	2,51
300	5	0,58	1,03	1,00	0,77	1,97	2,57	2,86	2,9
300	10	0,56	0,97	0,91	0,7	1,95	2,55	2,8	2,85
300	15	0,55	0,94	0,87	0,67	1,93	2,54	2,77	2,82
300	20	0,54	0,92	0,85	0,65	1,92	2,53	2,76	2,8
300	25	0,53	0,9	0,82	0,63	1,91	2,52	2,74	2,78
300	35	0,51	0,86	0,77	0,58	1,89	2,5	2,7	2,74
300	50	0,49	0,82	0,72	0,54	1,88	2,48	2,66	2,7
300	75	0,47	0,78	0,65	0,5	1,86	2,46	2,61	2,65

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.20 Analisa Fatik dan Erosi (Beban Standar Bina Marga)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Rencana Per Roda	Repetisi yang Terjadi	Faktor tegangan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	kN	(kN)			Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
1	2		3	4	5	6	$7 = \frac{4 \cdot (100)}{6}$	8	$9 = \frac{4 \cdot (100)}{8}$
STRT	6.83	68.25	39.24	0	TE = 0.58	TT	0.00	TT	0.00
	6.25	62.5	35.94	1699298	FRT = 0.15	TT	0.00	TT	0.00
	5.88	58.8	33.81	10182613	FE = 1,71	TT	0.00	TT	0.00
	5.48	54.78	31.50	4366800		TT	0.00	TT	0.00
	4.71	47.1	27.08	605951		TT	0.00	TT	0.00
	3.60	36	20.70	118556		TT	0.00	TT	0.00
	3.00	30	17.25	0		TT	0.00	TT	0.00
	2.82	28.22	16.23	4366800		TT	0.00	TT	0.00
STRG	11.38	113.75	32.70	0	TE = 1.03	TT	0.00	80000000	0.00
	6.91	69.08	19.86	1211902	FRT = 0.26	TT	0.00	TT	0.00
	5.40	54	15.53	118556	FE = 2,31	TT	0.00	TT	0.00
STdRG	18.75	187.5	26.95	1699298	TE = 1.00	TT	0.00	30000000	5.66
	18.06	180.6	25.96	20365226	FRT = 0.25	TT	0.00	40000000	50.91
	12.87	128.74	18.51	605951	FE = 2.55	TT	0.00	TT	0.00
Total						0.00%	< 100%	56.58%	< 100%

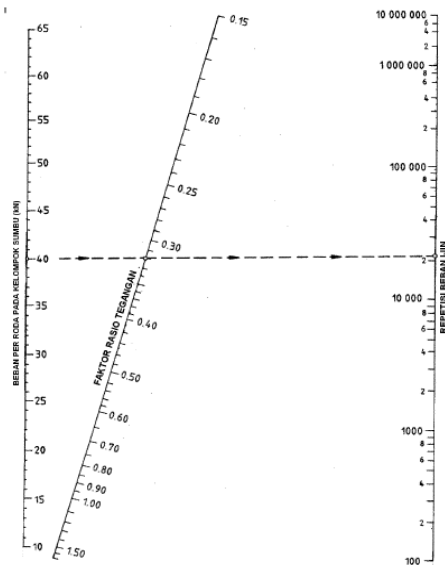
Dimana :

- TE = Tegangan ekivalen
- FRT = Faktor rasio tegangan
- FE = Faktor erosi
- TT = Tidak terbatas

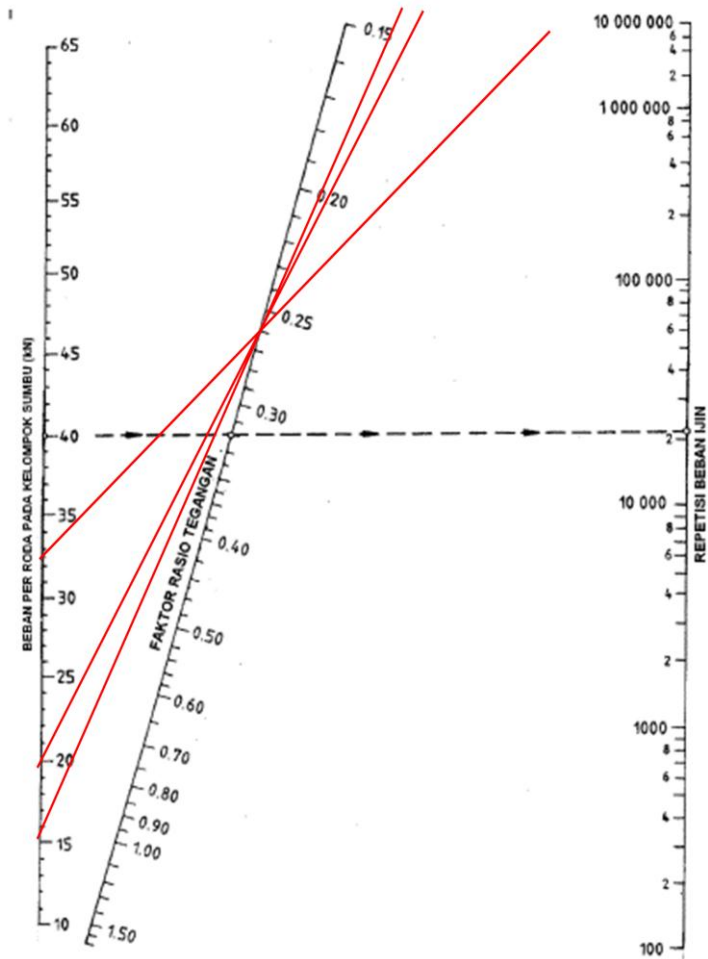
Dari hasil perhitungan analisa fatik dan erosi pada Tabel 4.19 di atas didapatkan prosentase (%) kerusakan akibat fatik adalah **0% < 100%** dan akibat erosi dalah **56,58% < 100%** maka, dengan tebal taksiran **300 mm** memenuhi.

Diagram analisa fatik dan erosi berdasarkan Faktor Rasio Tegangan dan Erosi dalam perhitungan Tabel 4.19 adalah sebagai berikut :

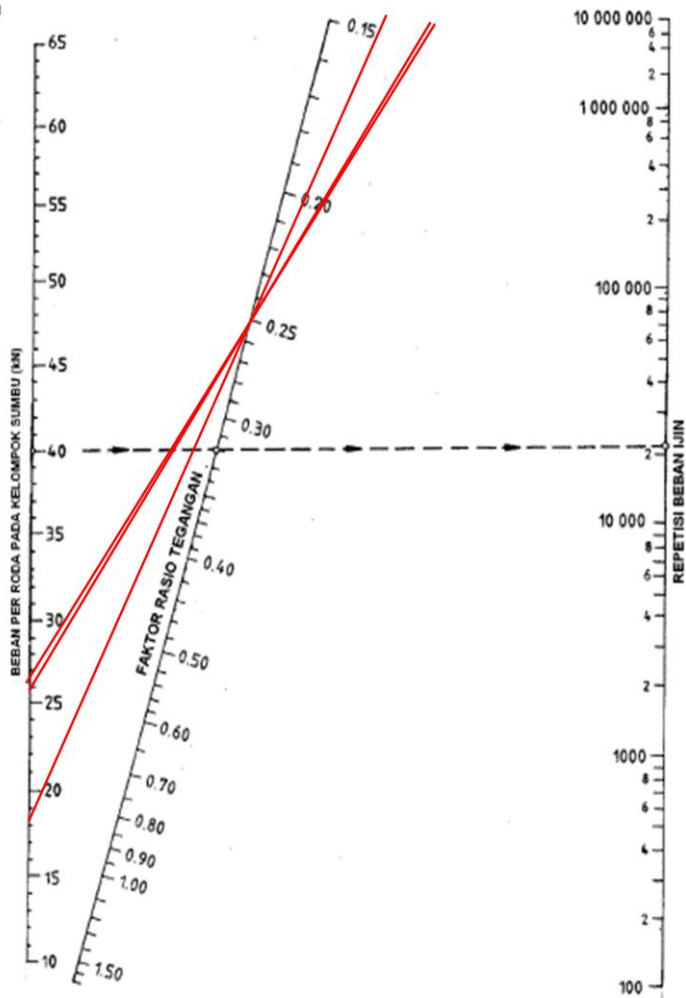
a. Analisa Fatik Berdasarkan Faktor Rasio Tegangan (FRT)



Gambar 4.5 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRT (FRT = 0,15)

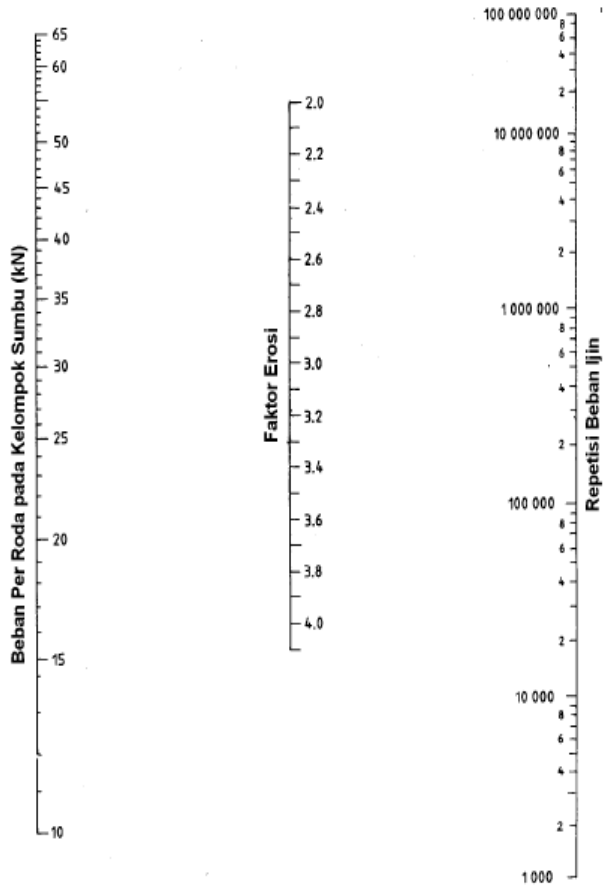


Gambar 4.6 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRG (FRT = 0,26)

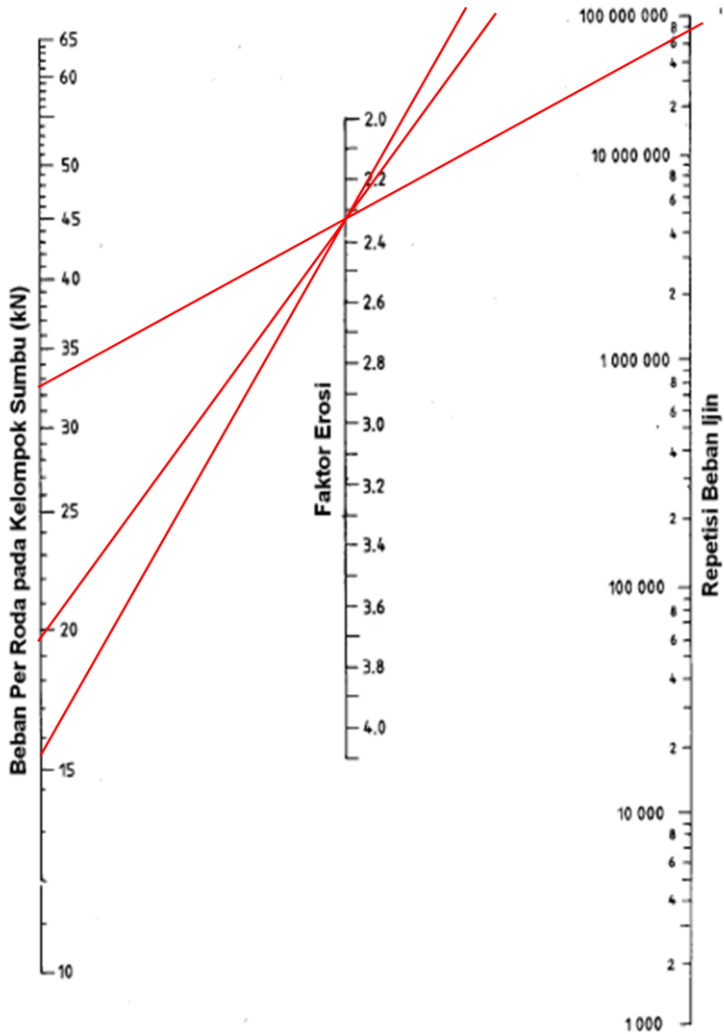


Gambar 4.7 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG (FRT = 0,25)

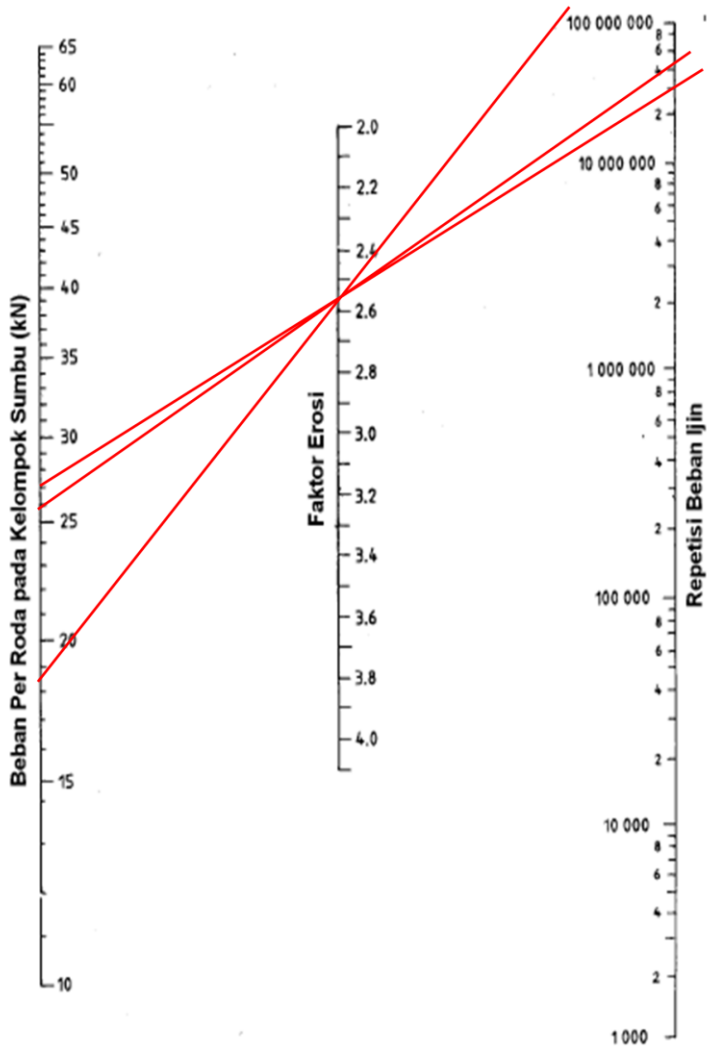
b. Analisa Erosi Berdasarkan Faktor Erosi (FE)



Gambar 4.8 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRT ($FE = 1,71$)



Gambar 4.9 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FE = 2,31$)



Gambar 4.10 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FE = 2,55$)

2. Pehitungan Tebal Perkerasan Pelat Beton dengan Beban VDF Aktual

Data perencanaan tebal pelat beton :

- Jenis perkerasan = BBDT dengan ruji/dowel
- Jensi bahu = tanpa bahu beton
- Umur rencana = 40 tahun
- JSKN rencana = 45340950 ($4,53 \times 10^7$)
- Faktor keamanan beban (F_{KB}) = 1.15 (Tabel 4.17)
- Kuat tekan beton (f_c') umur 28 hari = 41,50 MPa (K-500 kg/cm²)
- Kuat tarik lentur beton (f_t') umur 28 hari = 4 MPa
- CBR tanah dasar = 1,10 %
- CBR efektif tanah dasar = 5 %
- Tebal taksiran pelat beton = 350 mm

Tabel 4.21 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai F_{KB}
1.	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan rute alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan menengah rendah	1,0

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.22 Tegangan Ekvivalen dan Faktor Erosi Untuk
Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR eff tanah dasar	Tegangan Ekvivalen (Setara)				Faktor Erosi			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Dengan Ruji Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,59	2,19	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,58	2,18	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,58	2,18	2,41	2,6
330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	45,00	0,74	0,69	0,52	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	48,00	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,51	2,11	2,3	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,49	2,09	2,3	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,46	2,06	2,21	2,34

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.23 Analisa Fatik dan Erosi (Beban VDF Aktual)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Rencana Per Roda (kN)	Repetisi yang Terjadi	Faktor tegangan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	kN				Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
1	2		3	4	5	6	$7 = \frac{7}{4 \cdot (100)/6}$	8	$9 = \frac{9}{4 \cdot (100)/8}$
STRT	10.26	102.564	58.97	10182613	TE = 0.46	TT	0.00	TT	0.00
	8.62	86.225	49.58	1699298	FRT = 0.12	TT	0.00	TT	0.00
	8.43	84.3375	48.49	0	FE = 1.51	TT	0.00	TT	0.00
	7.98	79.815	45.89	605951		TT	0.00	TT	0.00
	5.48	54.78	31.50	4366800		TT	0.00	TT	0.00
	3.60	36	20.70	118556		TT	0.00	TT	0.00
	3.00	30	17.25	0		TT	0.00	TT	0.00
	2.82	28.22	16.23	4366800		TT	0.00	TT	0.00
STRG	14.06	140.5625	40.41	0	TE = 0.83	TT	0.00	90000000	0.00
	11.71	117.062	33.66	1211902	FRT = 0.21	TT	0.00	TT	0.00
	5.40	54	15.53	118556	FE = 2.11	TT	0.00	TT	0.00
STdRG	31.50	315.018	45.28	20365226	TE = 0.85	TT	0.00	3000000	678.84
	25.87	258.675	37.18	1699298	FRT = 0.21	TT	0.00	12000000	14.16
	21.82	218.161	31.36	605951	FE = 2.39	TT	0.00	60000000	1.01
Total						0.00%	< 100%	694.01%	> 100%

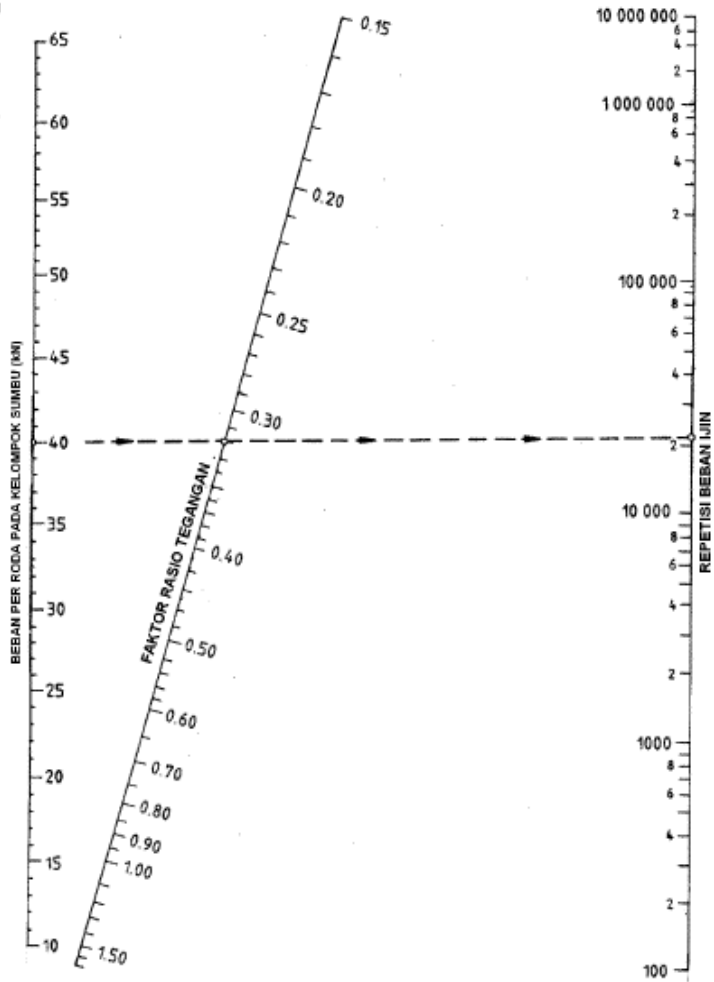
Dimana :

- TE = Tegangan ekivalen
- FRT = Faktor rasio tegangan
- FE = Faktor erosi
- TT = Tidak terbatas

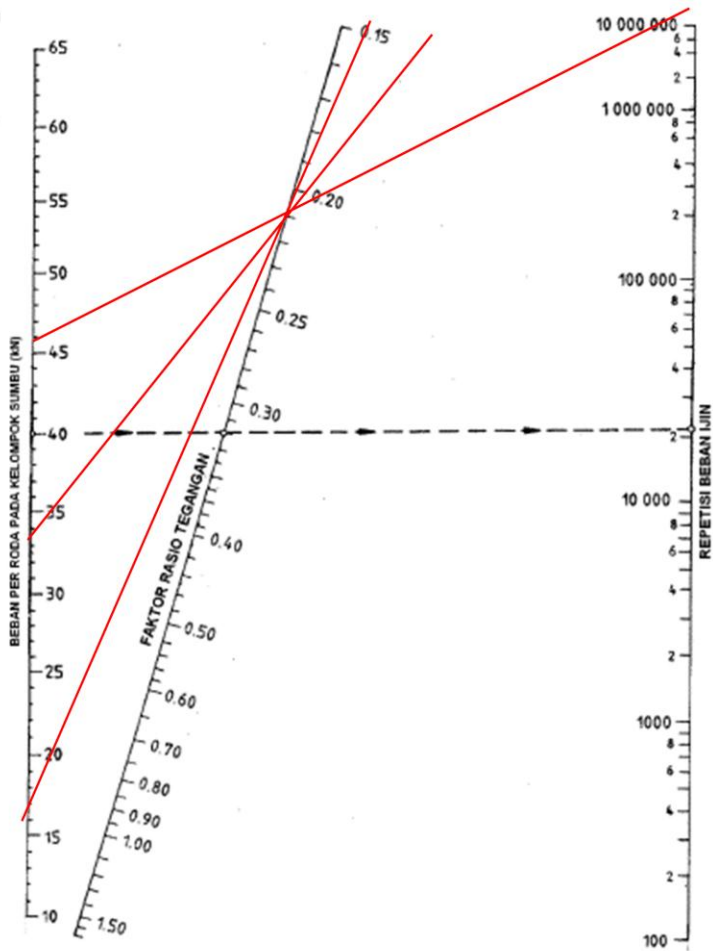
Dari hasil perhitungan analisa fatik dan erosi pada Tabel 4.19 di atas didapatkan prosentase (%) kerusakan akibat fatik adalah **0% < 100%** dan akibat erosi dalah **694,01% > 100%** maka, dengan tebal taksiran **350 mm** tidak memenuhi karena kerusakan akibat erosi lebih besar dari 100%. Sehingga diperhitungan ulang menggunakan Tebal perkerasan taksiran yang lebih dari 350 mm. Karena pada peraturan “Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen” (Pd T-14-2003) yang sebagai acuan perencanaan tebal perkeras jalan konvensional maka dalam proyek akhir ini di hitung hanya dengan tebal maksimum pada peraturan 350 mm dan tebal tersebut dapat direncanakan pada umur rencana (UR) sampai berapa tahun kedepan dari umur awal tahun.

Diagram analisa fatik dan erosi berdasarkan Faktor Rasio Tegangan dan Erosi dalam perhitungan Tabel 4.23 adalah sebagai berikut :

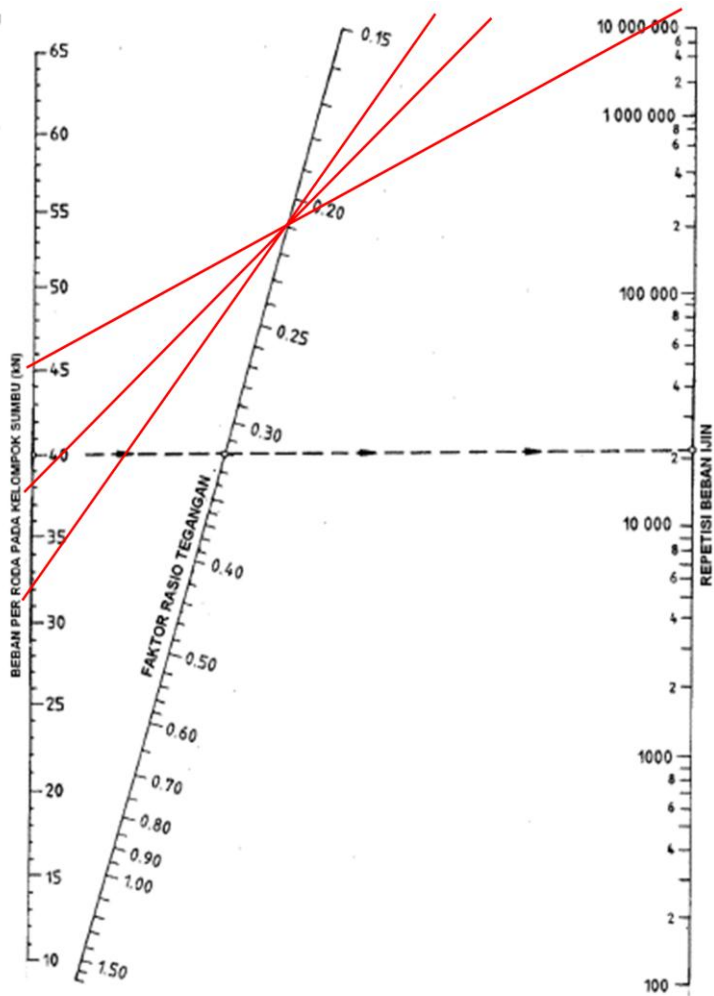
- a. Analisa Fatik Berdasarkan Faktor Rasio Tegangan (FRT)



Gambar 4.11 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRT (FRT = 0,12)

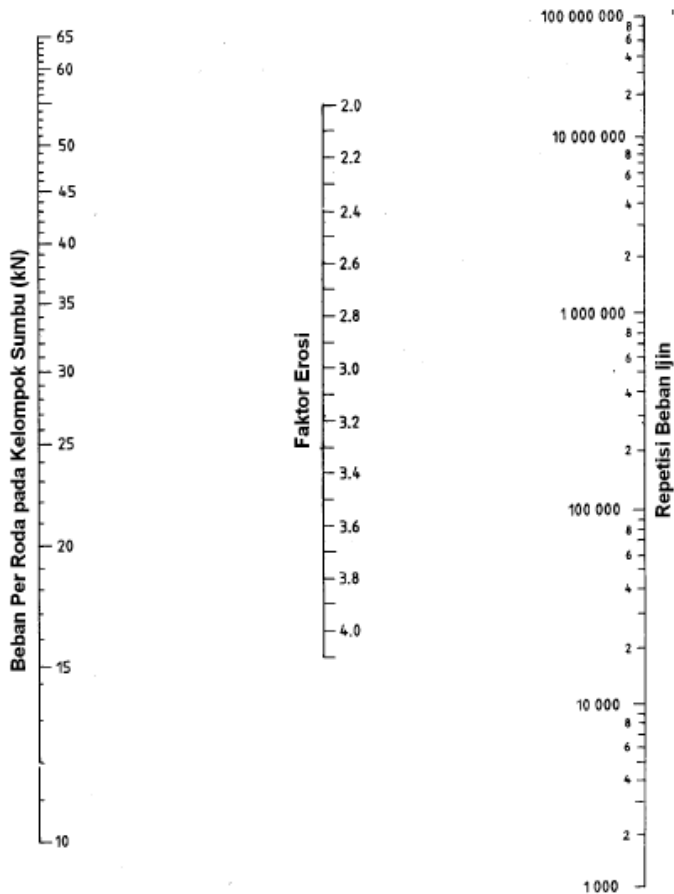


Gambar 4.12 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STRG (FRT = 0,21)

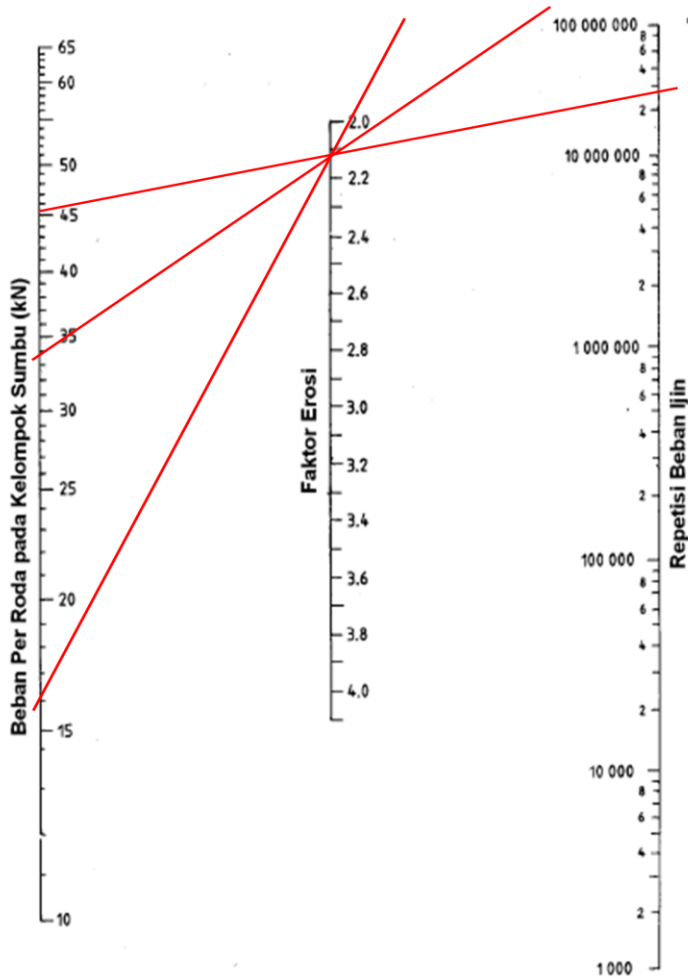


Gambar 4.13 Analisa Fatik dan Beban Repetisi Ijin Berdasarkan Rasio Tegangan, Dengan/Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG (FRT = 0,21)

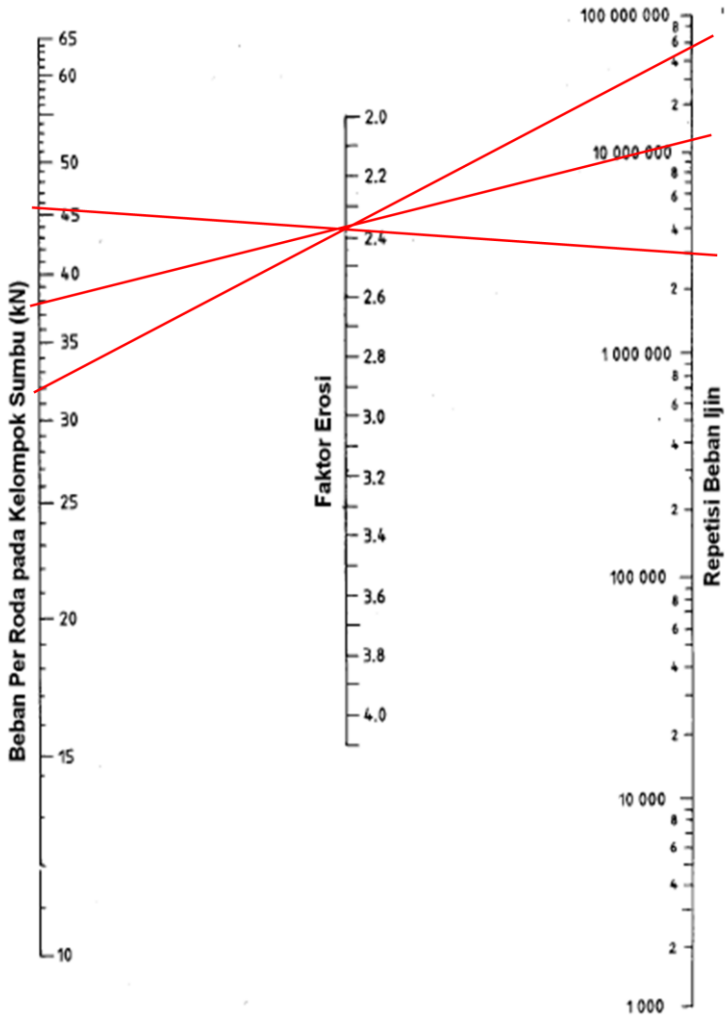
b. Analisa Erosi Berdasarkan Faktor Erosi (FE)



Gambar 4.14 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRT (FE = 1,51)



Gambar 4.15 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STRG ($FE = 2,11$)



Gambar 4.16 Analisa Erosi dan Jumlah Repetisi Ijin Berdasarkan Faktor Erosi, Tanpa Bahu Beton Untuk STdRG ($FE = 2,39$)

3. Pehitungan Ulang Tebal Perkerasan Pelat Beton 350 mm dengan Beban VDF Aktual Sampai Umur Rencana (UR) Tertentu

a. Analisa Lalu Lintas

Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas (R) sesuai dengan umur rencana (UR) taksiran adalah 5 tahun sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

$$R = \frac{(1+0,01(1,23\%))^5 - 1}{0,01(1,23\%)}$$

$$R = 5,00$$

Selanjutnya di hitung Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) rencana selama umur rencana (UR) taksiran 5 tahun.

$$\begin{aligned} \text{JSKN rencana} &= \text{JSKNH} \times 365 \times R \times C \\ &= 6884 \times 365 \times 5,00 \times 0,45 \\ &= 5653485 \\ &= 5,65 \times 10^6 \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Perhitungan Repetisi Sumbu Rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu (ton)	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	LaLin Rencana	Repetisi yg Terjadi
STRT	10.26	1546	0.48	0.47	5653485	1269653
	8.62	258	0.08	0.47	5653485	211883
	8.43	0	0.00	0.47	5653485	0
	7.98	92	0.03	0.47	5653485	75555
	5.48	663	0.20	0.47	5653485	544489
	3.60	18	0.01	0.47	5653485	14783
	3.00	0	0.00	0.47	5653485	0
	2.82	663	0.20	0.47	5653485	544489
Total		3240	1.00			
STRG	14.06	0	0.00	0.03	5653485	0
	11.71	184	0.91	0.03	5653485	151110
	5.40	18	0.09	0.03	5653485	14783
Total		202	1.00			
STdRG	31.50	3092	0.90	0.50	5653485	2539305
	25.87	258	0.07	0.50	5653485	211883
	21.82	92	0.03	0.50	5653485	75555
Total		3442	1.00			
Komulatif						5653485

b. Perhiutngan Tebal Perkerasan Pelat Beton

Data perencanaan tebal pelat beton :

- Jenis perkerasan = BBDT dengan ruji/dowel
- Jensi bahu = tanpa bahu beton
- Umur rencana = 5 tahun
- JSKN rencana = 5653485 ($5,65 \times 10^6$)
- Faktor keamanan beban = 1.15 (Tabel 4.17)
(F_{KB})
- Kuat tekan beton (fc') = 41,50 MPa (K-500 kg/cm²)
umur 28 hari

- Kuat tarik lentur beton = 4 MPa
(f'cf) umur 28 hari
- CBR tanah dasar = 1,10 %
- CBR efektif tanah dasar = 5 %
- Tebal taksiran pelat beton = 350 mm

Tabel 4.25 Faktor Keamanan Beban (FKB)

No.	Penggunaan	Nilai F _{KB}
1.	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan rute alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2.	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan menengah rendah	1,0

Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.26 Tegangan Ekuivalen dan Faktor Erosi Untuk Perkerasan Tanpa Bahu Beton

Tebal Slab (mm)	CBR eff tanah dasar	Tegangan Ekuivalen (Setara)				Faktor Erosi			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Dengan Ruji Beton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG
320	5	0,53	0,94	0,93	0,71	1,63	2,23	2,48	2,69
320	10	0,51	0,88	0,85	0,65	1,62	2,22	2,44	2,63
320	15	0,5	0,85	0,81	0,62	1,61	2,21	2,42	2,6
320	20	0,49	0,84	0,79	0,6	1,6	2,2	2,41	2,58
320	25	0,48	0,82	0,76	0,58	1,6	2,2	2,4	2,56
320	35	0,46	0,78	0,71	0,54	1,59	2,19	2,37	2,52
320	50	0,44	0,75	0,67	0,51	1,58	2,18	2,33	2,47
320	75	0,43	0,71	0,61	0,45	1,57	2,17	2,31	2,42
330	5	0,5	0,9	0,9	0,69	1,59	2,19	2,45	2,66
330	10	0,48	0,85	0,82	0,63	1,58	2,18	2,41	2,6

330	15	0,47	0,82	0,79	0,6	1,57	2,17	2,39	2,57
330	20	0,46	0,8	0,76	0,58	1,56	2,16	2,38	2,55
330	25	0,46	0,78	0,74	0,56	1,56	2,16	2,36	2,53
330	35	45.00	0,74	0,69	0,52	1,55	2,15	2,33	2,49
330	50	0,42	0,71	0,64	48.00	1,54	2,14	2,3	2,45
330	75	0,41	0,68	0,59	0,45	1,53	2,13	2,28	2,4
340	5	0,48	0,86	0,87	0,65	1,55	2,15	2,42	2,63
340	10	0,46	0,8	0,79	0,61	1,54	2,14	2,38	2,57
340	15	0,45	0,78	0,76	0,58	1,53	2,14	2,36	2,54
340	20	0,44	0,77	0,73	0,57	1,52	2,13	2,35	2,52
340	25	0,44	0,75	0,71	0,55	1,52	2,12	2,33	2,5
340	35	0,43	0,72	0,66	0,51	1,51	2,11	2,3	2,46
340	50	0,4	0,68	0,62	0,47	1,5	2,1	2,27	2,42
340	75	0,39	0,65	0,56	0,43	1,49	2,09	2,24	2,37
350	5	0,46	0,83	0,85	0,63	1,51	2,11	2,39	2,61
350	10	0,44	0,78	0,77	0,59	1,5	2,1	2,35	2,55
350	15	0,43	0,75	0,74	0,56	1,5	2,1	2,33	2,52
350	20	0,42	0,74	0,71	0,55	1,49	2,09	2,32	2,5
350	25	0,42	0,72	0,69	0,53	1,49	2,09	2,3	2,48
350	35	0,41	0,69	0,64	0,49	1,48	2,08	2,27	2,44
350	50	0,39	0,65	0,6	0,46	1,46	2,07	2,24	2,39
350	75	0,37	0,62	0,54	0,42	1,46	2,06	2,21	2,34

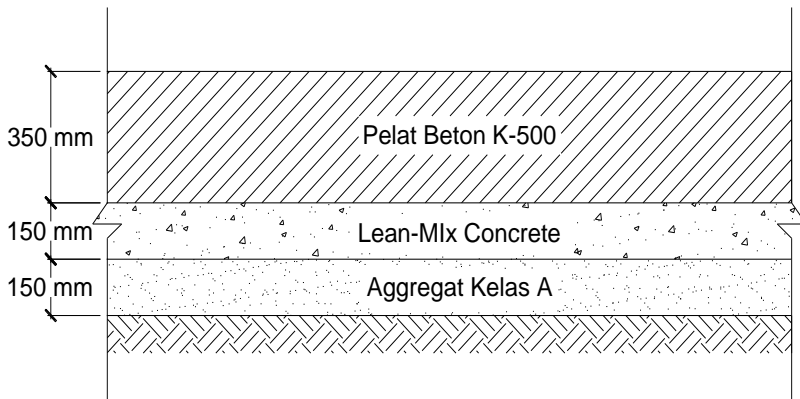
Sumber : Pd T-14-2003

Tabel 4.27 Perhitungan Ulang Analisa Fatik dan Erosi (Beban VDF Aktual)

Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Rencana Per Roda (kN)	Repetisi yang Terjadi	Faktor tegangan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	ton	kN				Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)	Repetisi Ijin	Persen Rusak (%)
1	2		3	4	5	6	$7 = \frac{7}{4 \cdot (100)/6}$	8	$9 = \frac{9}{4 \cdot (100)/8}$
STRT	10.26	102.564	58.97	1269653	TE = 0.46	TT	0.00	TT	0.00
	8.62	86.225	49.58	211883	FRT = 0.12	TT	0.00	TT	0.00
	8.43	84.3375	48.49	0	FE = 1.51	TT	0.00	TT	0.00
	7.98	79.815	45.89	75555		TT	0.00	TT	0.00
	5.48	54.78	31.50	544489		TT	0.00	TT	0.00
	3.60	36	20.70	14783		TT	0.00	TT	0.00
	3.00	30	17.25	0		TT	0.00	TT	0.00
	2.82	28.22	16.23	544489		TT	0.00	TT	0.00
STRG	14.06	140.5625	40.41	0	TE = 0.83	TT	0.00	90000000	0.00
	11.71	117.062	33.66	151110	FRT = 0.21	TT	0.00	TT	0.00
	5.40	54	15.53	14783	FE = 2.11	TT	0.00	TT	0.00
STdRG	31.50	315.018	45.28	2539305	TE = 0.85	TT	0.00	3000000	84.64
	25.87	258.675	37.18	211883	FRT = 0.21	TT	0.00	12000000	1.77
	21.82	218.161	31.36	75555	FE = 2.39	TT	0.00	60000000	0.13
Total						0.00%	< 100%	86.54%	< 100%

Dari hasil perhitungan ulang analisa fatik dan erosi pada Tabel 4.26 di atas dengan pertimbangan umur rencana (UR) taksiran adalah 5 tahun maka, didapatkan prosentase (%) kerusakan akibat fatik adalah $0\% < 100\%$ dan akibat erosi adalah $86,54\% < 100\%$. Dengan hal ini tebal taksiran **350 mm** memenuhi jika direncanakan **umur rencana (UR) 5 tahun** dan dengan analisa pertumbuhan lalu lintas sesuai umur rencana (UR) 5 tahun.

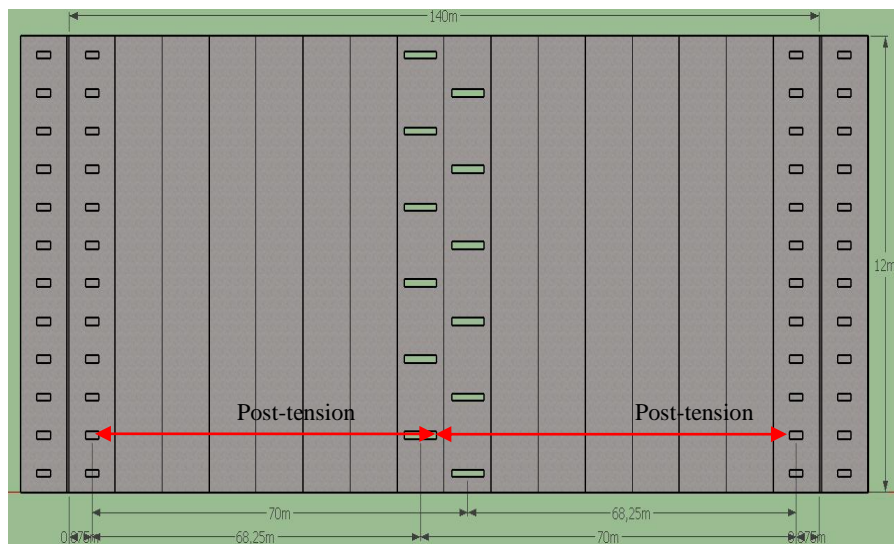
Jadi, dalam perencanaan tebal perkerasan jalan beton konvensional pada ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km. 7+185 didapatkan tebal maksimum adalah 350 mm dengan hanya umur rencana (UR) 5 tahun mendatang yaitu Tahun 2022 belum mencukupi sesuai dengan umur rencana (UR) awal 40 tahun sehingga dalam hal ini di lakukan perencanaan perkerasan jalan beton menggunakan metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) untuk mengurangi tebal pelat beton sampai umur rencana.



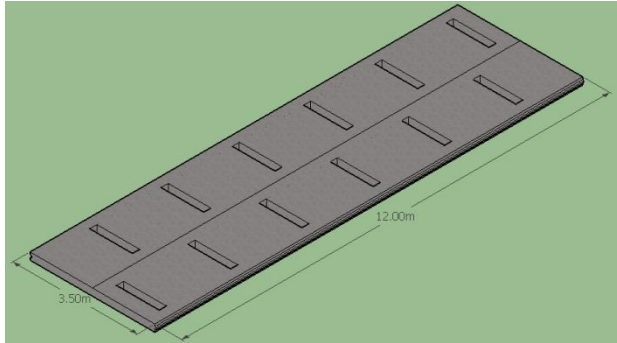
Gambar 4.17 Detail Perkerasan Jalan Beton Konvensional

4.3 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*)

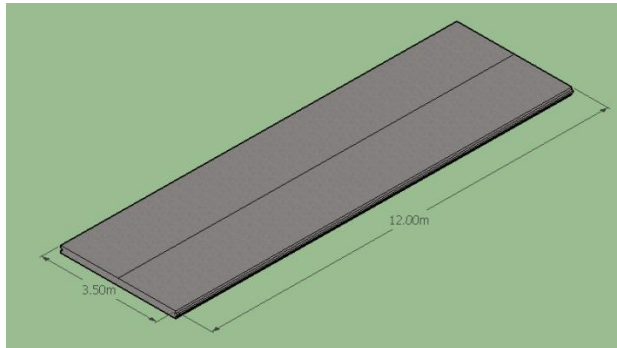
Pada perencanaan perkerasan jalan beton metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) ini menggunakan sistem prategang pascatarik (*post-tension*) yang di pasang secara memanjang dan dengan kombinasi tulangan pada arah melintang. Untuk panjang total pada pelat beton yang akan distressing adalah 140 meter dengan pemberian prategang dibagi pada pusat panjang total sehingga setiap panjang 70 m diberi prategang. Untuk memenuhi panjang panel total tersebut terdiri dari 40 panel yang menyusun sepanjang 140 m yang terdiri dari 1 Panel Pusat (*Central Panel, CP*), 19 Panel Dasar (*Base Panel, BP*) dan 1 Panel Sambungan (*Joint Panel, JP*). Ada 2 tipe ukuran panel yaitu 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m. Untuk detail ukuran panel dan panjang total pemberian prategang pada sepanjang panel dapat dilihat Gambar 4.18 – Gambar 4.21.



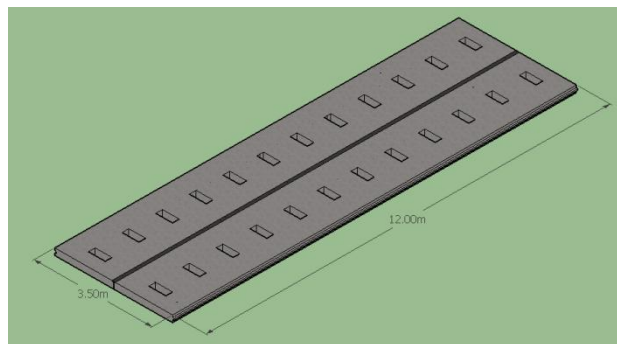
Gambar 4.18 Pemasangan Panel Pracetak – Prategang dan Panjang Pemberian Prategang



Gambar 4.19 Panel Pusat (Center Panel, CP)

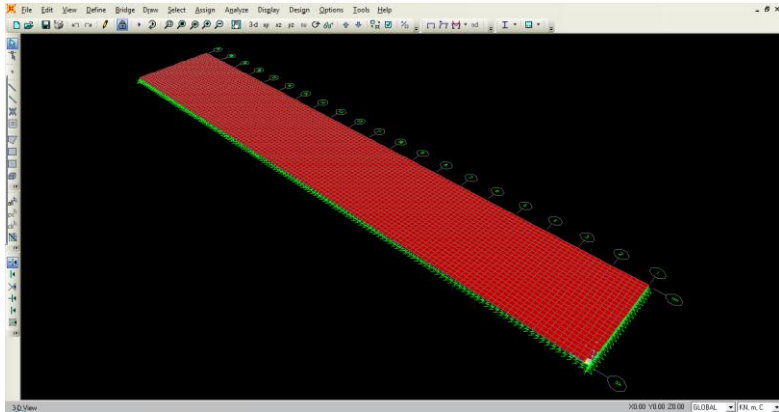


Gambar 4.20 Panel Dasar (Base Panel, BP)



Gambar 4.21 Panel Sambungan (Joint Panel, JP)

Pada tahap selanjutnya digunakan permodelan pada SAP2000 untuk mendapatkan perhitungan pada perencanaan perkerasan jalan beton pracetak - prategang dengan sepanjang stressing 70 m.



Gambar 4.22 Permodelan Panel Pada SAP2000

4.3.1 Pembebanan Lalu Lintas

Pada pembebanan lalu lintas ini digunakan beban lajur “D” dan beban truk “T”. Untuk perhitungan pembebanan lalu lintas dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Beban Lajur “D”

- Beban terbagi rata (BTR) :

$$L = 70 \text{ m}$$

$$L > 30 \text{ m}$$

Maka,

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$$

$$= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{70}\right) \text{ kPa}$$

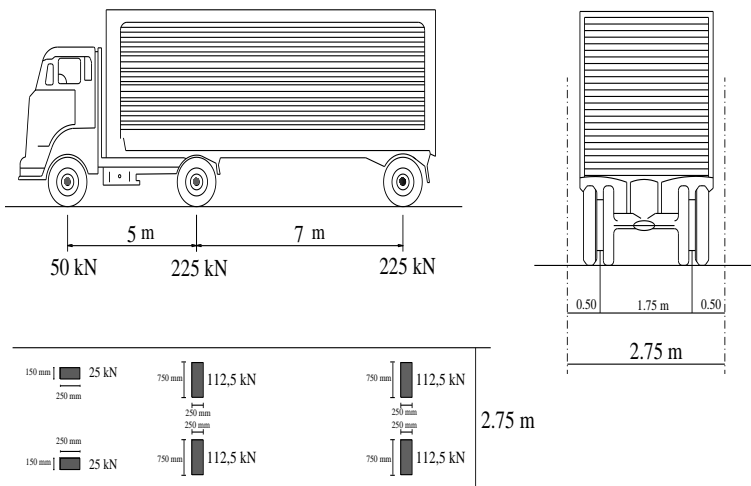
$$= 6,43 \text{ kPa}$$

$$= 6,43 \text{ kN/m}^2$$

- Beban garis terpusat (BGT) :
Untuk beban garis terpusat (BGT) nilai intensitas adalah $p = 49,0 \text{ kN/m}$

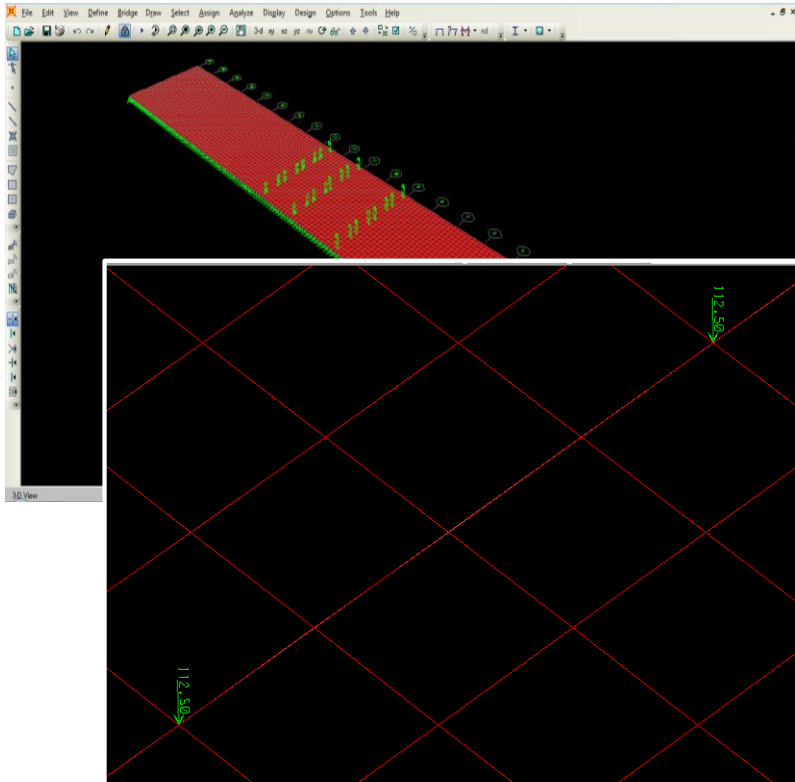
2. Beban Truk “T”

Pada beban truk ini digunakan beban kendaraan *semi-trailer* dengan mempunyai jarak As depan = 5 m dan As belakang 7 m dengan beban pada STRT adalah 50 kN dan beban pada STRG adalah 225 kN sehingga untuk beban total kendaraan semi-trailer ini adalah 500kN yang ditempatkan pada setiap lajur lalu lintas pada design pelat beton ini dan untuk konfigurasi pembebanan truk dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Pembeban Truk “T” (500kN)

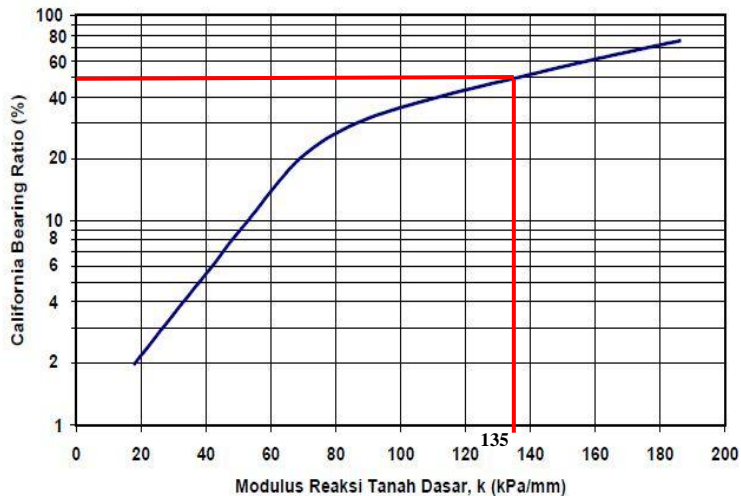
Dalam pembebanan lalu lintas ini nilai yang sudah didapat dari perhitungan diatas di input kedalam software SAP2000 untuk mencari ketebalan pelat beton pracetak – prategang yang sesuai dengan kontrol lendutan dan besarnya gaya prategang untuk mencari jumlah dan tipe strand.



Gambar 4.24 Pembebanan Lalu Lintas Pada SAP2000

4.3.2 Pondasi Bawah Struktur Perkerasan Beton Pracetak Prategang

Dalam hal ini pada pondasi bawah pada perkerasan beton pracetak – prategang ini menggunakan pondasi bawah yang sama dengan perkerasan jalan beton konvensional. Namun pada struktur bawah pondasi yang berkontak langsung dengan pelat beton adalah LMC (*Lean-Mix Concrete*) dengan tebal 150 mm yang juga merupakan sebagai tumpuan pada pelat beton, maka untuk mencari nilai k (modulus reaksi perkerasan) pada LMC diasumsikan dengan nilai CBR 50% yang kemudian dapat diperoleh nilai k pada grafik hubungan nilai k dan CBR (Pavement Design, NAASRA 1987) pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Hubungan antara CBR dan Modulus Reaksi Tanah Dasar

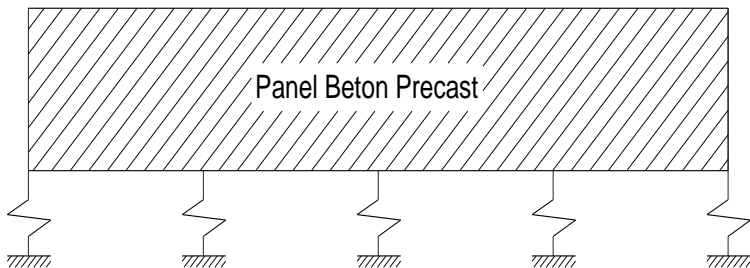
Dari grafik diatas maka didapat nilai k adalah 135 kPa/mm atau $13,77 \text{ kg/cm}^3$. Dengan ini maka untuk nilai k digunakan dalam input software SAP2000 dengan perhitungan sebagai tumpuan spring arah vertikal. Pada tumpuan spring ini diasumsikan jarak

0,5 m pada sumbu x dan 0,5 m pada sumbu y arah horizontal dengan panel pelat beton berukuran 3,5m x 12m dan 3,5 m x 9,5 m. Sehingga nilai kekakuan spring (k_s) didapat sebagai berikut :

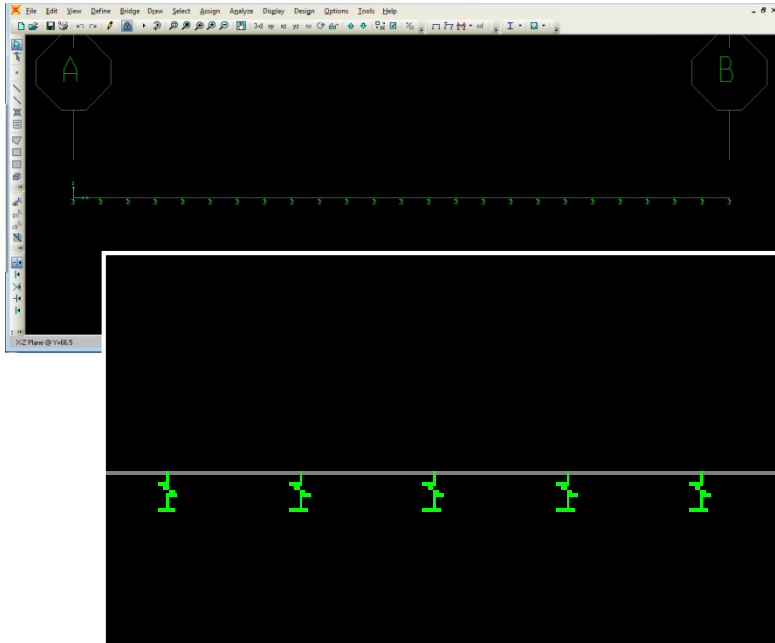
$$\begin{aligned} k_s \text{ tengah} &= 13,77 \text{ kg/cm}^3 \times (50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}) \\ &= 34.414,88 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_s \text{ pinggir} &= 0,5 \times 34.414,88 \text{ kg/cm} \\ &= 17.207,44 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_s \text{ ujung} &= 0,25 \times 34.414,88 \text{ kg/cm} \\ &= 8.603,72 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.26 Permodelan Pelat Beton Precast dengan Tumpuan Spring



Gambar 4.27 Permodelan Spring Pada SAP2000

4.3.3 Perhitungan Tebal Perkerasan Jalan Beton Metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*)

Untuk menentukan perencanaan tebal pelat perkerasan beton pracetak – prategang ini dihitung berdasarkan parameter perencanaan perkerasan jalan beton prategang dengan rekomendasi ACI 325 yang didasarkan atas persamaan (*Sargious, 1975*) adalah sebagai berikut :

$$(f_t + f_p) > (f_{(c+w)} + f_F + f_L)$$

Dimana :

f_p = Tegangan tekan beton akibat prategang,

f_t = Tegangan fleksural beton ijin (*modulus of rupture, MR*)/(*factor keamanan, FS*),

$f_{(c+w)}$ = Tegangan fleksural kritis akibat *curling* dan *warping*.

- f_F = Tegangan tarik kritis akibat friksi tanah dasar.
 f_L = Tegangan fleksural ijin akibat beban lalu lintas.

Data Perencanaan Perkerasan:

- Tebal taksiran = 200 mm (8 in)
- Kuat tekan beton (f_c') = 33,20 MPa (K-400 kg/cm²) rencana
- Modulus Elastisitas (E_c) = $4700 \times \sqrt{f_c'}$
 $= 4700 \times \sqrt{33,20}$
 $= 27.081 \text{ MPa}$

4.3.3.1 Kombinasi Tegangan Tarik Kritis Pada Permukaan Atas Slab Beton Arah Melintang

Tegangan tarik pada permukaan slab beton arah melintang ini direncanakan dengan tebal 200 mm (8 in) dengan panjang total adalah 140 m yang terdiri dari 40 panel pelat beton dengan ukuran panel 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m. Kombinasi tegangan tarik tersebut dapat diperoleh dari Tabel 4.28 dan Gambar 4.28.

Tabel 4.28 Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab

Tipe Tegangan	Musim	Koef Termal Muai e, atau Swelling, w	Termal Gradien °C/cm (°F/in.)	Tegangan pada Slab								
				15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)					
				Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa			
f_c	Curling Malam	Panas	$e = 6 \times 10^{-6}$	0.25 (1)	5.04	72	497	6.72	96	662		
		Dingin	$e = 4 \times 10^{-6}$	0.50 (2)	6.86	98	676	8.96	128	883		
f_w		Awal (1 Bln)	Panas	$w = 250 \times 10^{-6}$		14.7	210	1450	17.5	250	1725	
		Dingin	$w = 100 \times 10^{-6}$		5.74	82	565	7.7	110	759		
	Umur Retec.	Panas	$w = 300 \times 10^{-6}$		14	200	1380	16.8	240	1656		
f_{c-w}	Maks Total	Panas			19.74	282	1932	24.2	346	2380		
		Dingin			12.6	180	1242	12.6	180	238		
Efek Friksi Musim Panas dan Musim Dingin				Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab								
F_p	Panjang Slab (m)	Musim	Koef Friksi	Tegangan Friksi			15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)		
				Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa
	120	Panas	0.5	7	100	690	26.6	380	2620	31.15	445	3070
		Dingin	0.7	9.8	140	966	22.4	320	2208	26.46	378	2608
		180	Panas	0.5	10.5	150	1035	30.1	430	2967	34.65	495
	Dingin	0.7	14.7	210	1450	27.3	390	2691	31.36	448	3091	

*) Faktor untuk kondisi tropis dapat menggunakan kondisi musim panas.

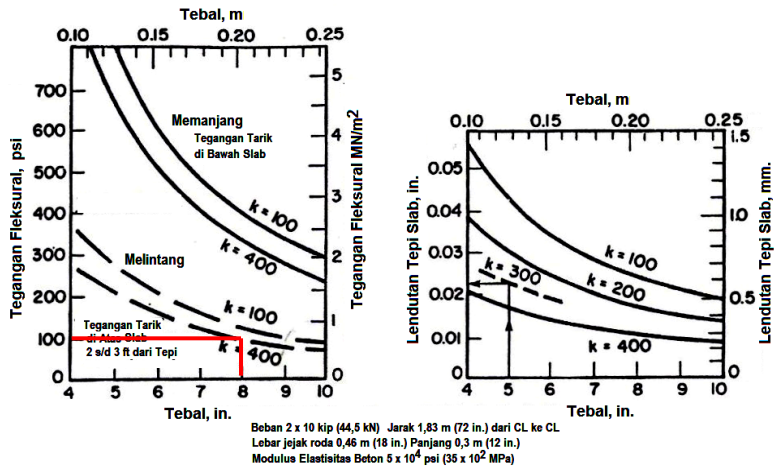
*) Faktor untuk kondisi tropis dapat menggunakan kondisi musim panas.

Sumber : Dachlan, 2011

Dari Tabel 4.28 maka di peroleh nilai tegangan tarik sebagai berikut :

$$f_{(c+w)} = 24,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_F = 31,15 + ((140-120)/(180-120)) \times (34,65 - 31,15) \\ = 32,32 \text{ kg/cm}^2 \text{ (interpolasi dengan panjang 140 m)}$$



Gambar 4.28 Tegangan Fleksural Maksimum Permukaan Slab

Dari Gambar 4.25 diperoleh tegangan fleksural (f_L) = 100 psi
= 7,03 kg/cm²

Sehingga tegangan tarik total yang terjadi pada permukaan atas slab beton adalah :

$$f_{top} = (f_{(c+w)} + f_F + f_L) \\ = (24,2 + 32,32 + 7,03) \\ = 63,55 \text{ kg/cm}^2 = 903,9 \text{ psi}$$

4.3.3.2 Kombinasi Tegangan Tarik Kritis Pada Di bawah Slab Beton Arah Memanjang

Tegangan tarik di bawah slab beton arah memanjang ini direncanakan dengan tebal 200 mm (8 in) dengan panjang total adalah 140 m yang terdiri dari 40 panel pelat beton dengan ukuran panel 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m. Kombinasi tegangan tarik tersebut dapat diperoleh dari Tabel 4.29, Tabel 4.30 dan Gambar 4.29.

Tabel 4.29 Tegangan Tarik Pada Dasar Slab

Musim		Tegangan Batas pada Dasar Slab Tebal					
		15 cm			20 cm		
		Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa
f_w Tegangan Warping	Panas,	-23,8	-340	2346	-28	-400	2760
	Dingin,	-14,7	-210	1449	-16,1	-230	1587
	Dingin, UR	-7,7	-110	759	-9,1	-130	897
F_{c-w} : Kombinasi tegangan curling dan warping pada dasar slab	Panas,	-3,5	-50	345	-1,4	-20	138
	Dingin,	-4,9	-70	483	-2,8	-40	276
	Dingin, UR	2,1	30	207	4,2	+60	414

Sumber : Dachlan, 2011

Tabel 4.30 Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab

Tipe Tegangan		Musim	Koef Termal Muai e, atau Swelling, w	Termal Gradien °C/cm (°F/in.)	Tegangan pada Slab							
					15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)				
					Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa		
f_c	Warping	Curling Malam	Panas	$e = 6 \times 10^{-6}$	0.25 (1)	5.04	72	497	6.72	96	662	
			Dingin	$e = 4 \times 10^{-6}$	0.50 (2)	6.86	98	676	8.96	128	883	
		Awal (1 Bln)	Panas	$w = 250 \times 10^{-6}$		14.7	210	1450	17.5	250	1725	
			Dingin	$w = 100 \times 10^{-6}$		5.74	82	565	7.7	110	759	
		Umur Renc.	Panas	$w = 300 \times 10^{-6}$		14	200	1380	16.8	240	1656	
f_{c-w}	Maks Total	Panas			19.74	282	1932	24.2	346	2380		
		Dingin			12.6	180	1242	12.6	180	238		
Efek Friksi Musim Panas dan Musim Dingin					Tegangan Tarik Pada Permukaan Slab							
F_P	Panjang Slab (m)	Musim	Koef Friksi	Tegangan Friksi			15 cm (6 in.)			20 cm (8 in.)		
				Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa	Kg/cm ²	psi	kPa
	120	Panas	0.5	7	100	690	26.6	380	2620	31.15	445	3070
		Dingin	0.7	9.8	140	966	22.4	320	2208	26.46	378	2608
	180	Panas	0.5	10.5	150	1035	30.1	430	2967	34.65	495	3415
			Dingin	0.7	14.7	210	1450	27.3	390	2691	31.36	448

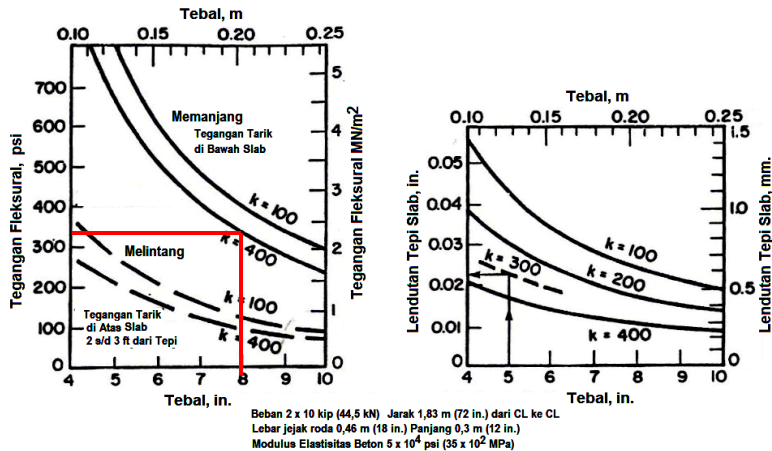
*) Faktor untuk kondisi tropis dapat menggunakan kondisi musim panas.

*) Faktor untuk kondisi tropis dapat menggunakan kondisi musim panas.

Sumber : Dachlan, 2011

Dari Tabel 4.29 dan Tabel 4.30 maka di peroleh nilai tegangan tarik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f_{(c+w)} &= 4,2 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_F &= 9,80 + ((140-120)/(180-120)) \times (14,70 - 9,80) \\
 &= 11,43 \text{ kg/cm}^2 \text{ (interpolasi dengan panjang 140 m)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.29 Tegangan Fleksural Maksimum di Bawah Slab

Dari Gambar 4.26 diperoleh tegangan fleksural (f_L) = 340 psi
 = 23,9 kg/cm²

Sehingga tegangan tarik total yang terjadi pada permukaan atas slab beton adalah :

$$\begin{aligned}
 f_{bott} &= (f_{(c+w)} + f_F + f_L) \\
 &= (4,2 + 11,43 + 23,90) \\
 &= 39,53 \text{ kg/cm}^2 = 562,31 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

4.3.3.3 Kontrol Tebal

Dari analisa perhitungan tegangan tarik di atas dan di bawah slab beton maka di peroleh hasil sebagai berikut :

- Tegangan tarik diatas permukaan slab = 63,55 kg/cm²
 = 903,90 psi
- Tegangan tarik di bawah slab = 39,53 kg/cm²
 = 562,31 psi

Dari tegangan di atas maka diambil nilai terbesar karena merupakan paling kritis dalam tegangan tarik pada beton maka, tegangan tarik diatas permukaan slab yang paling kritis yaitu **903,90 psi** yang kemudian dipertimbangkan dalam rencana.

Penentuan tegangan fleksural beton ijin (ft)

FS = 2,00 (faktor keamanan untuk jalan raya)

$$\begin{aligned} MR &= 0,75 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 0,75 \times \sqrt{33,20} \\ &= 4,32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$f_t = \frac{MR}{FS} = \frac{4,32}{2,00} = 2,16 \text{ MPa} = 312,15 \text{ psi}$$

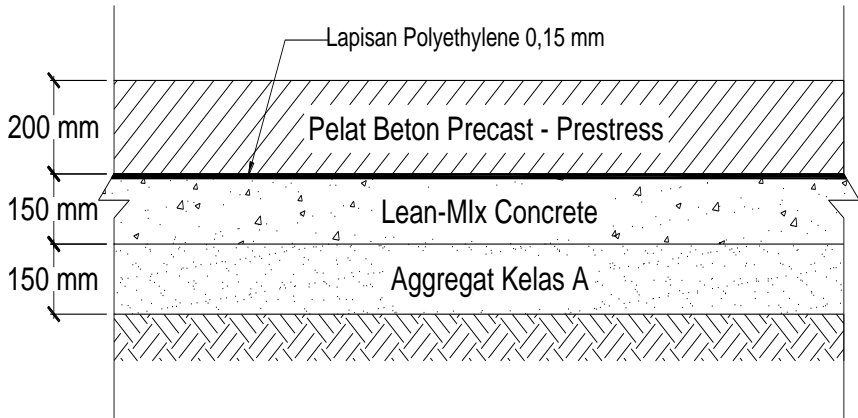
Kontrol ketebalan slab beton :

$$(f_t + f_p) > (f_{(c+w)} + f_F + f_L)$$

$$(f_t + f_p) = 903,90 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} f_p &= 903,90 \text{ psi} - f_t \\ &= 903,90 \text{ psi} - 370,15 \text{ psi} \\ &= 533,75 \text{ psi} \leq 650 \text{ psi} \end{aligned}$$

Asumsi 650 psi karena digunakan batas dasar untuk penetapan tendonyang ekonomis. Sehingga dari kontrol tersebut tebal 200 mm memenuhi kontrol tegangan dan penggunaan tendon yang lebih ekonomis.



Gambar 4.30 Detail Perkerasan Jalan Beton Precast - Prestress

4.3.4 Desain Pelat Beton Pracetak – Prategang

Pada desain pelat beton pracetak prategang ini direncanakan menggunakan prategang sistem pascatarik (*post-tension*) pada arah memanjang dan kombinasi tulangan pada arah melintang. Pada sistem pascatarik ini yang mana gaya prategang di berikan setelah umur beton mengeras dengan kekuatan yang beton yang sudah ditentukan.

Data Perencanaan :

- Spesifikasi beton

Pada perencanaan ini beton direncanakan sebagai berikut :

- Kuat tekan beton (f_c') = 41,5 MPa
(umur 28 hari) = 500 kg/cm² (K-500)
- Kuat tekan beton (f_{ci}') = 0,9 x 41,5 MPa
(umur 14 hari) = 37,35 Mpa

- Tegangan ijin beton

Pada tegangan ijin beton ini gaya prategang awal diberikan ketika kuat tekan beton umur 14 hari sebelum adanya beban layanan dan umur 28 hari pada saat adanya beban layanan yang dapat dihitung sebagai berikut :

- Tegangan ijin beton sesaat sesudah penyaluran prategang (sebelum kehilangan gaya prategang) tidak boleh melebihi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan tekan } (f_{ci}) &= 0,6 \times f_{ci}' \\
 &= 0,6 \times 37,35 \\
 &= 22,41 \text{ MPa} \\
 \text{Tegangan tarik } (f_{ti}) &= 0,5 \times \sqrt{f_{ci}'} \\
 &= 0,4 \times \sqrt{37,35} \\
 &= 3,06 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Tegangan ijin beton pada saat kondisi beban layanan (sesudah kehilangan prategang) tidak boleh melebihi sebagai berikut :

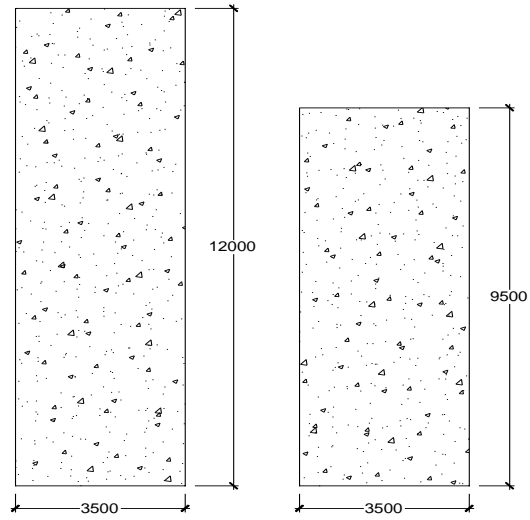
$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan tekan akibat prategang ditambah beban mati dan beban tetap } (f_c) &= 0,45 \times f_c' \\
 &= 0,45 \times 41,5 \\
 &= 18,675 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan tekan akibat prategang ditambah beban mati dan beban hidup total } (f_c) &= 0,6 \times f_c' \\
 &= 0,6 \times 41,5 \\
 &= 24,90 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

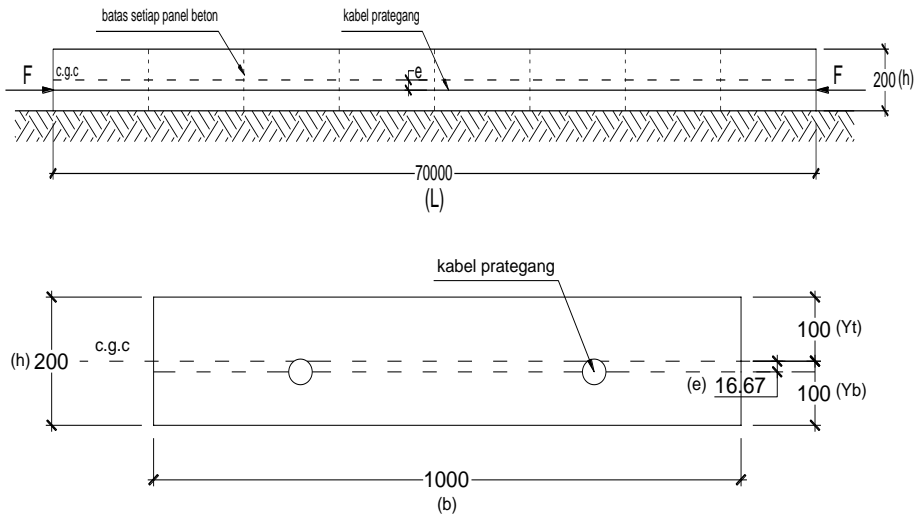
$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan tarik serat terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya tekan } (f_t) &= 0,62 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 0,62 \times \sqrt{41,5} \\
 &= 3,99 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Desain penampang beton pracetak - prategang

Dalam desain penampang ini digunakan 2 macam panel yaitu ukuran 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m dengan peninjauan pelat pada penampang setiap 1 meter lebar pelat beton dan tendon terletak dibawah garis netral sejauh 1/12 h.



Gambar 4.31 Panel Beton Pracetak - Prategang



Gambar 4.32 Penampang Pelat Prategang dan Sistem Pemberian Prategang

Dari Gambar 4.29 maka dapat dijabarkan spesifikasi penampang pada pelat pracetak – prategang sebagai berikut :

- Lebar (b) = 1000 mm
- Tinggi (h) = 200 mm
- Luasan (A) = 200.000 mm²
- Inersia (I) = 666666666.67 mm⁴
- Eksentrisitas (e) = 16,67 mm
- Yt = 100 mm
- Yb = 100 mm

4.3.5 Penentuan Gaya Prategang dan Jumlah Strand

Untuk penentuan gaya prategang dan jumlah strand direncanakan menggunakan tendon/kabel jenis strand *seven wires stress relieved* (7 kawat untai) *uncoated ATM A416* untuk *post-tension*. Pada penentuan gaya prategang dan jumlah strand ditinjau dengan 2 jenis panel pracetak –

prategang ini yaitu 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 12 m. Dengan mengacu pada tabel VSL Indonesia jenis dan karakteristik tendon yang akan digunakan dapat dilihat sebagai berikut :

- Nominal diameter (d) = 12,7 mm
- Luas nominal (A_s) = 98,7 mm²
- Minimal breaking load = 183,7 kN = 183700 N
- Tegangan Leleh (f_{py}) = 1675 MPa
- Tegangan Putus (f_{pu}) = 1860 MPa

Tegangan ijin baja

Dalam penggunaan kabel strand untuk tendon telah diatur tegangan ijin baja prategang dimana tegangan akibat gaya penarikan (jacking) dan setelah transfer gaya tidak boleh melebihi sebagai berikut :

- Akibat gaya penarikan (jacking)
 - $0,94 \times f_{py} = 0,94 \times 1675 \text{ MPa} = 1574,50 \text{ MPa}$
 - $0,80 \times f_{pu} = 0,80 \times 1860 \text{ MPa} = 1488,00 \text{ MPa}$
- Setelah transfer gaya prategang
 - $0,82 \times f_{py} = 0,82 \times 1675 \text{ MPa} = 1373,50 \text{ MPa}$
 - $0,70 \times f_{pu} = 0,70 \times 1860 \text{ MPa} = 1302,00 \text{ MPa}$

Dari perhitungan diatas maka tegangan ijin baja prategang di ambil yang terkecil yaitu $f_{st} = 1302,00 \text{ MPa}$

Gaya prategang

Untuk menentukan gaya prategang awal pada setiap meter lebar pelat beton dan pada masing – masing panel yaitu panel ukuran 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m maka gaya prategang awal sebelum kehilangan prateganga direncanakan sebagai berikut :

- Panel 3,5 m x 12 m
 - Jumlah strand rencana (n) = 4 buah
 - Luasan total strand (A_{ps}) = $4 \times 98,7 \text{ mm}^2$
= 394,80 mm²

- Gaya prategang awal

$$F_o = A_{ps} \times f_{st}$$

$$= 394,80 \times 1302,00$$

$$= 514029,60 \text{ N}$$
 - Tegangan total (f_s)

$$= 4 \times 1302,00 \text{ MPa}$$

$$= 5208,00 \text{ MPa}$$
 - Jumlah tendon yang digunakan setiap meter adalah 2 tendon dengan tipe tendon yang digunakan adalah tipe tendon (0,5") dengan kode 5-2 dan diameter selongong/duct adalah 35/40 mm
- Panel 3,5 m x 9,5 m
- Jumlah strand rencana (n)

$$= 2 \text{ buah}$$
 - Luasan total strand (A_{ps})

$$= 2 \times 98,7 \text{ mm}^2$$

$$= 197,40 \text{ mm}^2$$
 - Gaya prategang awal

$$F_o = A_{ps} \times f_{st}$$

$$= 197,40 \times 1302,00$$

$$= 257014,80 \text{ N}$$
 - Tegangan total (f_s)

$$= 2 \times 1302,00 \text{ MPa}$$

$$= 2604,00 \text{ MPa}$$
 - Jumlah tendon yang digunakan setiap meter adalah 1 tendon dengan tipe tendon yang digunakan adalah tipe tendon (0,5") dengan kode 5-2 dan diameter selongong/duct adalah 35/40 mm

4.3.6 Kontrol Tegangan Pada Tegangan Awal

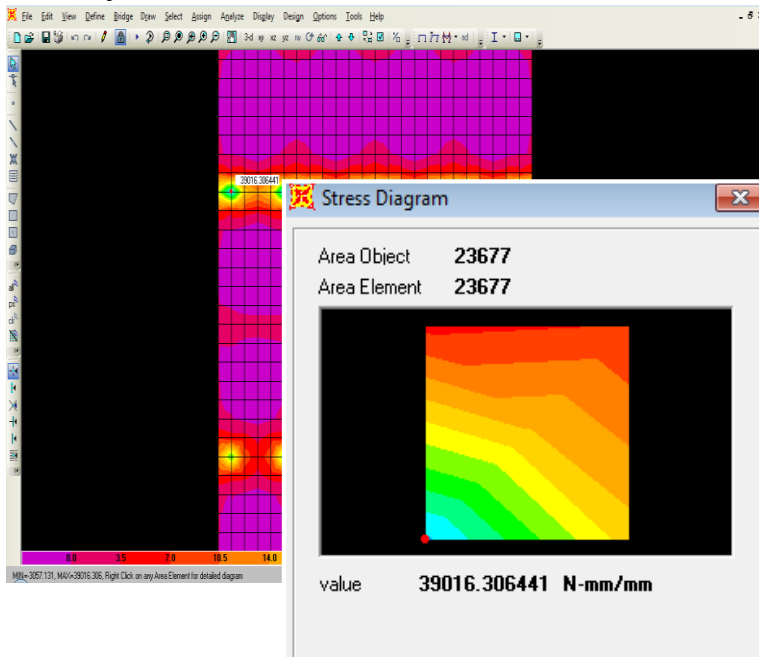
Pada tahap kontrol tegangan awal ini dilakukan untuk mengetahui apakah tendon yang terpasang setiap meter lebar pelat beton memiliki tegangan yang sesuai dengan kapasitas tegangan ijin beton dalam memikul momen yang terjadi yang di dapatkan pada SAP2000 sebagai berikut :

1. Panel 3,5 m x 12 m
 - Pada saat transfer tegangan akibat berat sendiri

$$M_D = 585060 \text{ Nmm}$$

- Pada saat beban layanan akibat berat sendiri dan beban hidup (1DL +1LL)

$$M_T = 39016310 \text{ Nmm}$$

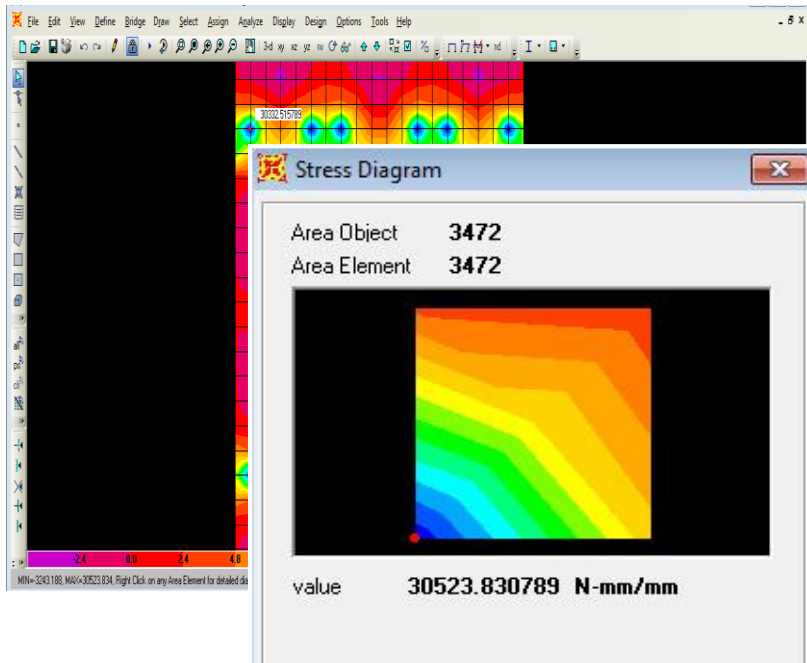


Gambar 4.33 Output Momen SAP2000 Panel 3,5 m x 12 m

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

- Pada saat transfer tegangan akibat berat sendiri
 $M_D = 585060 \text{ Nmm}$
- Pada saat beban layanan akibat berat sendiri dan beban hidup (1DL +1LL)

$$M_T = 30523830 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.34 Output Momen SAP2000 Panel 3,5 m x 9,5 m

Kontrol Tegangan

1. Panel 3,5 m x 12 m

- Pada saat transfer tegangan akibat berat sendiri

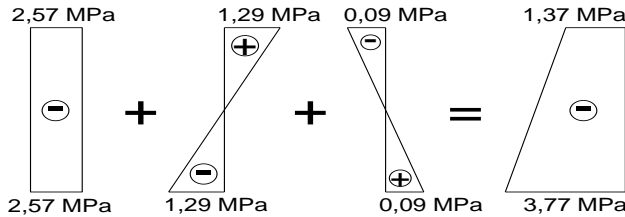
Serat Atas :

$$\begin{aligned}\sigma_t &= -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{M D \times Y_t}{I} \\ &= -\frac{514029,6}{200000} + \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\ &= -1,37 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\sigma_b = -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{M D \times Y_b}{I}$$

$$\begin{aligned}
 &= - \frac{514029,6}{200000} - \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\
 &= - 3,77 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$



Gambar 4.35 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan

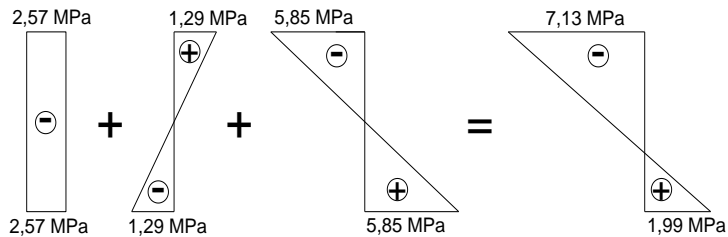
- Pada saat beban layanan akibat berat sendiri dan beban hidup (1DL +1LL)

Serat Atas :

$$\begin{aligned}
 \sigma_t &= - \frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{M_T \times Y_t}{I} \\
 &= - \frac{514029,6}{200000} + \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{39016310 \times 100}{666666666,67} \\
 &= - 7,13 \text{ MPa (tekan)} < 24,90 \text{ MPa} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= - \frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{M_T \times Y_b}{I} \\
 &= - \frac{514029,6}{200000} - \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{39016310 \times 100}{666666666,67} \\
 &= + 1,99 \text{ MPa (tarik)} < 3,06 \text{ MPa} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$



Gambar 4.36 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

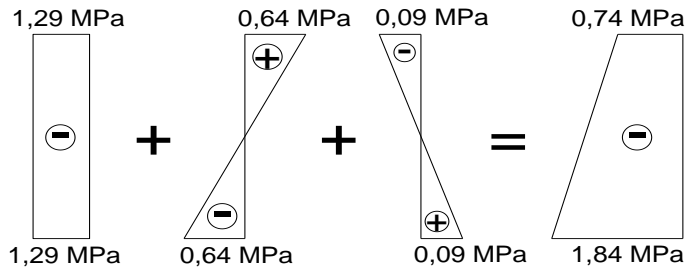
- Pada saat transfer tegangan akibat berat sendiri

Serat Atas :

$$\begin{aligned}\sigma_t &= -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{MD \times Y_t}{I} \\ &= -\frac{257014,8}{200000} + \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\ &= -0,74 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{MD \times Y_b}{I} \\ &= -\frac{257014,8}{200000} - \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\ &= -1,84 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$



Gambar 4.37 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan

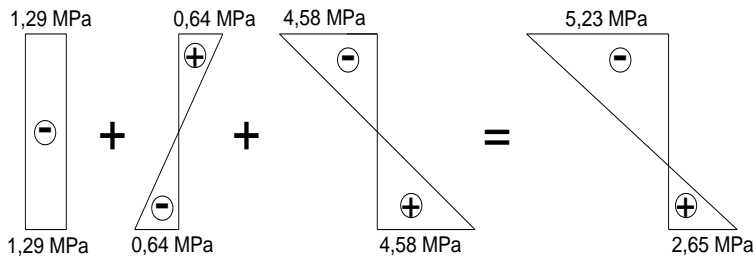
- Pada saat beban layanan akibat berat sendiri dan beban hidup (1DL + 1LL)

Serat Atas :

$$\begin{aligned}
 \sigma_t &= -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{M_T \times Y_t}{I} \\
 &= -\frac{257014,8}{200000} + \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{30523830 \times 100}{666666666,67} \\
 &= -5,23 \text{ MPa (tekan)} < 24,90 \text{ MPa(OK)}
 \end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{M_T \times Y_b}{I} \\
 &= -\frac{257014,8}{200000} - \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{30523830 \times 100}{666666666,67} \\
 &= +2,65 \text{ MPa (tarik)} < 3,06 \text{ MPa(OK)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.38 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan

4.3.7 Perhitungan Kehilangan Prategang

Gaya prategang awal yang diberikan pada beton akan mengalami proses reduksi akibat kehilangan gaya prategang. Setelah gaya prategang awal (F_o) dikurangi dengan kehilangan prategang maka di dapatkan gaya prategang efektif (F_{eff}) yang akan digunakan untuk kontrol tegangan yang terjadi. Berikut ini adalah perhitungan kehilangan prategang :

4.3.7.1 Kehilangan Prategang Langsung

1. Panel 3,5 m x 12 m

a. Kehilangan akibat perpendekan elastisitas (ES)

Pada pelat ini untuk setiap meter terdapat beberapa strand dalam 1 tendon yang di dongkrak atau ditarik secara simultan sehingga perpendekan elastis tidak terjadi sehingga nilai $\Delta f_{pES} = 0$ MPa

b. Kehilangan akibat gesekan kabel tendon (Ps)

- Panjang (L) = 70 m
- Sudut (α) = 0° (sudut lengkung)
- Koefisien (K) = 0,0024 (koefisien wobble)
- Koefisien (μ) = 0,2 (koefisien geseran lengkung)

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu \alpha$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = - (0,0024 \times 70) - (0,2 \times 0)$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = - 0,168 \text{ (16,8\%)}$$

$$\begin{aligned} \Delta f_p \text{ Ps} &= \frac{F_2 - F_1}{F_1} \times f_{st} \\ &= 0,168 \times 5208 \text{ MPa} \\ &= 874,94 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c. Kehilangan akibat slip ankur (ANC)

- Tegangan tendon (f_s) = 1302,00 MPa
- Modulus elastisitas (E_s) = 200.000 MPa (baja)
- Panjang (L) = 70 m

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{f_s}{E_s} \times L \\ &= \frac{1302}{200000} \times 70 \\ &= 455,70 \text{ m} \\ \Delta f_p \text{ ANC} &= \frac{2,5}{\Delta L} \times f_{st} \\ &= \frac{2,5}{455,70} \times 5208 \\ &= 28,57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

d. Kehilangan akibat perpendekan elastisitas (ES)

Pada pelat ini untuk setiap meter terdapat beberapa strand dalam 1 tendon yang di dongkrak atau ditarik secara

simultan sehingga perpendekan elastis tidak terjadi sehingga nilai $\Delta fp_{ES} = 0$ MPa

e. Kehilangan akibat gesekan kabel tendon (Ps)

- Panjang (L) = 70 m
- Sudut (α) = 0° (sudut lengkung)
- Koefisien (K) = 0,0024 (koefisien wobble)
- Koefisien (μ) = 0,2 (koefisien geseran lengkung)

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu \alpha$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = - (0,0024 \times 70) - (0,2 \times 0)$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = - 0,168 \text{ (16,8\%)}$$

$$\begin{aligned} \Delta fp_{Ps} &= \frac{F_2 - F_1}{F_1} \times fst \\ &= 0,168 \times 2604,00 \text{ MPa} \\ &= 145,82 \text{ MPa} \end{aligned}$$

f. Kehilangan akibat slip ankur (ANC)

- Tegangan tendon (fs) = 1302,00 MPa
- Modulus elastisitas (Es) = 200.000 MPa (baja)
- Panjang (L) = 70 m

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{fs}{Es} \times L \\ &= \frac{1302}{200000} \times 70 \end{aligned}$$

$$= 455,70 \text{ m}$$

$$\Delta fp_{ANC} = \frac{2,5}{\Delta L} \times fst$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2,5}{455,70} \times 2604,00 \\
 &= 14,29 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4.3.7.2 Kehilangan Prategang Tak Langsung

1. Panel 3,5 m x 12 m

a. Kehilangan akibat rangkai beton (CR)

- Luas Penampang (A) = 200000 mm²
- Momen inersia (I) = 666666666,67 mm⁴
- Eksentrisitas (e) = 16,67 mm
- Gaya prategang awal (Fo) = 514029,60 N
- Modulus elastisitas (Es) = 200.000 MPa (baja)
- Modulus elastisitas (Ec) = 4700 x $\sqrt{41,5}$
= 30277,63 (beton)
- Koefisien rangkai (Kcr) = 1,6 (*post-tension*)

Tegangan beton di tengah – tengah bentang

$$\begin{aligned}
 f_{ci} &= \frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y}{I} \\
 &= \frac{514029,60}{200000} + \frac{514029,60 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} \\
 &= 3,86 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cd} &= \frac{MT \times e}{I} \\
 &= \frac{39016310 \times 16,67}{666666666,67} \\
 &= 0,98 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta f_p \text{ CR} &= K_{cr} \times \frac{E_s}{E_c} \times (f_{ci} - f_{cd}) \\
 &= 1,6 \times \frac{200000}{30277,63} (3,86 - 0,98) \\
 &= 30,44 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. Kehilangan akibat susut beton (SH)

- Kelembaban (RH) = 75%
- Koefisien susut (Ksh) = 0,64 (20 hari)
- Volume beton (V) = 2000 cm²
- Luas Permukaan (S) = 240 cm

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{sh} &= 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH) \\
 &= 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \times \frac{2000}{240}\right) \times (100 - 75) \\
 &= 0,0001025 \\
 \Delta f_p \text{ SH} &= \epsilon_{sh} \times Ksh \times Es \\
 &= 0,0001025 \times 0,64 \times 200000 \\
 &= 13,12 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

c. Kehilangan akibat relaksasi baja (RE)

- Koefisien relaksasi (Kre) = 35 MPa
- Faktor waktu (J) = 0,04
- Faktor relaksasi (C) = 0,75 ($f_{pi}/f_{pu} = 0,7$)

$$\begin{aligned}
 \Delta f_p \text{ SH} &= C \times (Kre - J \times (SH + CR + ES)) \\
 &= 0,75 \times (35 - 0,04 \times (13,12 + 30,44 + 0)) \\
 &= 24,94
 \end{aligned}$$

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

a. Kehilangan akibat rangkai beton (CR)

- Luas Penampang (A) = 200000 mm²
- Momen inersia (I) = 666666666,67 mm⁴
- Eksentrisitas (e) = 16,67 mm
- Gaya prategang awal (Fo) = 257014,80 N
- Modulus elastisitas (Es) = 200.000 MPa (baja)
- Modulus elastisitas (Ec) = $4700 \times \sqrt{41,5}$
= 30277,63 (beton)
- Koefisien rangkai (Kcr) = 1,6 (*post-tension*)

Tegangan beton di tengah – tengah bentang

$$\begin{aligned}
 f_{ci} &= \frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y}{I} \\
 &= \frac{257014,80}{200000} + \frac{257014,80 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} \\
 &= 1,93 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cd} &= \frac{MT \times e}{I} \\
 &= \frac{30523830 \times 16,67}{666666666,67} \\
 &= 0,76 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta f_p \text{ CR} &= K_{cr} \times \frac{E_s}{E_c} \times (f_{ci} - f_{cd}) \\
 &= 1,6 \times \frac{200000}{30277,63} (1,93 - 0,76) \\
 &= 12,31 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

b. Kehilangan akibat susut beton (SH)

- Kelembaban (RH) = 75%
- Koefisien susut (Ksh) = 0,64 (20 hari)
- Volume beton (V) = 2000 cm³
- Luas Permukaan (S) = 240 cm

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{sh} &= 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH) \\
 &= 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \times \frac{2000}{240}\right) \times (100 - 75) \\
 &= 0,0001025 \\
 \Delta f_p \text{ SH} &= \epsilon_{sh} \times K_{sh} \times E_s \\
 &= 0,0001025 \times 0,64 \times 200000 \\
 &= 13,12 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

c. Kehilangan akibat relaksasi baja (RE)

- Koefisien relaksasi (Kre) = 35 MPa

- Faktor waktu (J) = 0,04
- Faktor relaksasi (C) = 0,75 ($f_{pi}/f_{pu} = 0,7$)

$$\begin{aligned}\Delta f_p \text{ SH} &= C \times (K_{re} - J \times (SH + CR + ES)) \\ &= 0,75 \times (35 - 0,04 \times (13,12 + 12,31 + 0)) \\ &= 25,49\end{aligned}$$

4.3.7.3 Total Kehilangan Prategang

1. Panel 3,5 m x 12 m

$$\begin{aligned}\Delta f_p &= \Delta f_{pES} + \Delta f_{pPs} + \Delta f_{pANC} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} + \Delta f_{pRE} \\ &= 0 + 874,94 + 28,57 + 30,44 + 13,12 + 24,94 \\ &= 972,02 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sehingga prosentase kehilangan adalah

$$\begin{aligned}\% &= \frac{\Delta f_p}{f_s} \\ &= \frac{972,02}{5208,00} \\ &= \mathbf{18,66\%}\end{aligned}$$

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

$$\begin{aligned}\Delta f_p &= \Delta f_{pES} + \Delta f_{pPs} + \Delta f_{pANC} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} + \Delta f_{pRE} \\ &= 0 + 437,47 + 14,29 + 12,31 + 13,12 + 25,49 \\ &= 502,67 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sehingga prosentase kehilangan adalah

$$\begin{aligned}\% &= \frac{\Delta f_p}{f_s} \\ &= \frac{502,67}{2604,00} \\ &= \mathbf{19,30\%}\end{aligned}$$

4.3.8 Kontrol Tegangan Setelah Kehilangan Prategang

Pada kontrol tegangan setelah kehilangan ini dikontrol pada penampang dari beberapa kondisi dengan gaya prategang awal (F_o) dikurangi dengan prosentase kehilangan prategang menjadi

gaya prategang efektif (F_{eff}). Kondisi yang dikontrol adalah sebagai berikut :

1. Tegangan pada saat kondisi beban belum bekerja (pada saat transfer) sebelum kehilangan prategang.

a. Panel 3,5 m x 12 m

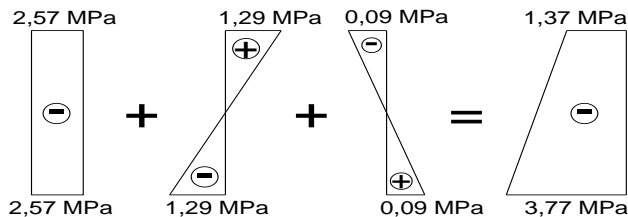
$$F_o = 514029,60 \text{ N}$$

Serat Atas:

$$\begin{aligned}\sigma_t &= -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{M_D \times Y_t}{I} \\ &= -\frac{514029,6}{200000} + \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\ &= -1,37 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{M_D \times Y_b}{I} \\ &= -\frac{514029,6}{200000} - \frac{514029,6 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\ &= -3,77 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$



Gambar 4.39 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Sebelum Kehilangan Prategang

b. Panel 3,5 m x 9,5 m

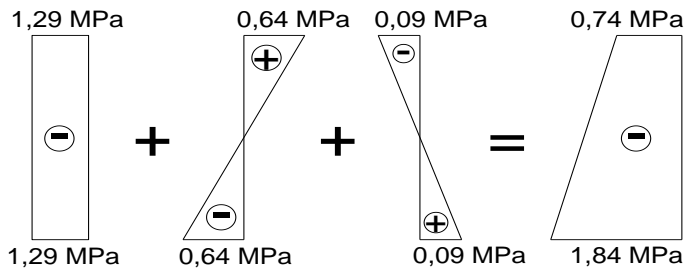
$$F_o = 257014,80 \text{ N}$$

Serat Atas :

$$\begin{aligned}
 \sigma_t &= -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o \times e \times Y_t}{I} - \frac{MD \times Y_t}{I} \\
 &= -\frac{257014,8}{200000} + \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\
 &= -0,74 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}
 \end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o \times e \times Y_b}{I} + \frac{MD \times Y_b}{I} \\
 &= -\frac{257014,8}{200000} - \frac{257014,8 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67} \\
 &= -1,84 \text{ MPa (tekan)} < 22,41 \text{ MPa(OK)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.40 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Sebelum Kehilangan Prategang

2. Tegangan pada saat kondisi beban belum bekerja (pada saat transfer) setelah kehilangan prategang.

a. Panel 3,5 m x 12 m

$$F_o = 514029,60 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 F_{eff} &= (100\% - 18,66\%) \times 514029,60 \text{ N} \\
 &= 418111,68 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Serat Atas:

$$\sigma_t = -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e \times Y_t}{I} - \frac{MD \times Y_t}{I}$$

$$= - \frac{418111,68}{200000} + \frac{418111,68 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67}$$

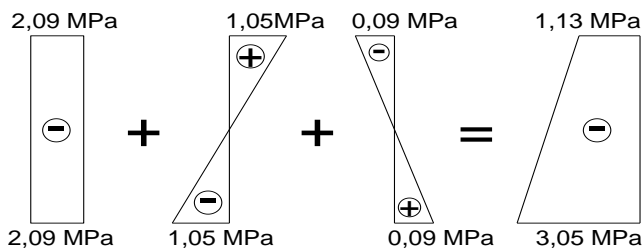
$$= - 1,13 \text{ MPa (tekan)} < 18,675 \text{ MPa} \dots(\text{OK})$$

Serat Bawah :

$$\sigma_b = - \frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e \times Y_b}{I} + \frac{MD \times Y_b}{I}$$

$$= - \frac{418111,68}{200000} - \frac{418111,68 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67}$$

$$= - 3,05 \text{ MPa (tekan)} < 18,675 \text{ MPa} \dots(\text{OK})$$



Gambar 4.41 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Setelah Kehilangan Prategang

b. Panel 3,5 m x 9,5 m

$$F_o = 257014,80 \text{ N}$$

$$F_{eff} = (100\% - 19,30\%) \times 257014,80 \text{ N}$$

$$= 207410,94 \text{ N}$$

Serat Atas :

$$\sigma_t = - \frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e \times Y_t}{I} - \frac{MD \times Y_t}{I}$$

$$= - \frac{207410,94}{200000} + \frac{207410,94 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{585060 \times 100}{666666666,67}$$

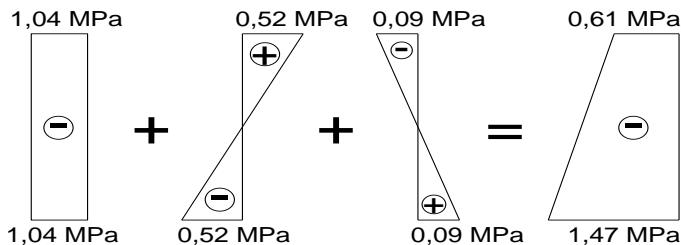
$$= -0,61 \text{ MPa (tekan)} < 18,675 \text{ MPa(OK)}$$

Serat Bawah :

$$\sigma_b = - \frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e \times Y_b}{I} + \frac{MD \times Y_b}{I}$$

$$= - \frac{207410,94}{200000} - \frac{207410,94 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{585060 \times 100}{666666666,67}$$

$$= -1,47 \text{ MPa (tekan)} < 18,675 \text{ MPa(OK)}$$



Gambar 4.42 Diagram Tegangan Saat Transfer Tegangan dan Setelah Kehilangan Prategang

3. Tegangan pada saat kondisi beban bekerja dan setelah kehilangan prategang

1. Panel 3,5 m x 12 m

$$F_o = 514029,60 \text{ N}$$

$$F_{eff} = (100\% - 18,66\%) \times 514029,60 \text{ N}$$

$$= 418111,68 \text{ N}$$

Serat Atas:

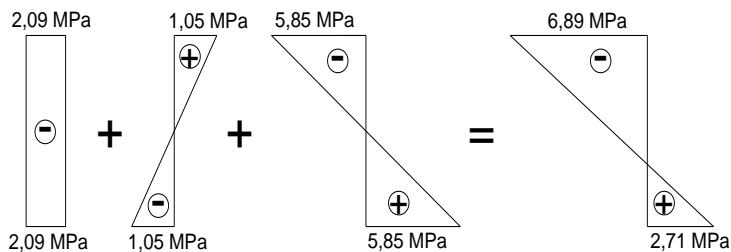
$$\sigma_t = - \frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e \times Y_t}{I} - \frac{MT \times Y_t}{I}$$

$$= - \frac{418111,68}{200000} + \frac{418111,68 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{39016310 \times 100}{666666666,67}$$

$$= - 6,89 \text{ MPa (tekan)} < 24,90 \text{ MPa} \dots(\text{OK})$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= - \frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e \times Y_b}{I} + \frac{M_T \times Y_b}{I} \\ &= - \frac{418111,68}{200000} - \frac{418111,68 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{39016310 \times 100}{666666666,67} \\ &= + 2,71 \text{ MPa (tarik)} < 3,99 \text{ MPa} \dots(\text{OK})\end{aligned}$$



Gambar 4.43 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan dan Setelah Kehilangan Prategang

b. Panel 3,5 m x 9,5 m

$$F_o = 257014,80 \text{ N}$$

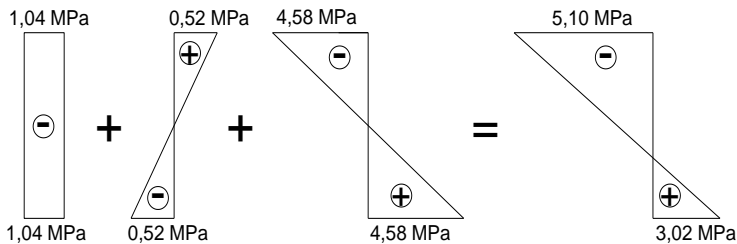
$$\begin{aligned}F_{eff} &= (100\% - 19,30\%) \times 257014,80 \text{ N} \\ &= 207410,94 \text{ N}\end{aligned}$$

Serat Atas :

$$\begin{aligned}\sigma_t &= - \frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e \times Y_t}{I} - \frac{M_T \times Y_t}{I} \\ &= - \frac{207410,94}{200000} + \frac{207410,94 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} - \frac{30523830 \times 100}{666666666,67} \\ &= - 5,10 \text{ MPa (tekan)} < 24,90 \text{ MPa} \dots(\text{OK})\end{aligned}$$

Serat Bawah :

$$\begin{aligned}\sigma_b &= -\frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e \times Y_b}{I} + \frac{M_T \times Y_b}{I} \\ &= -\frac{207410,94}{200000} - \frac{207410,94 \times 16,67 \times 100}{666666666,67} + \frac{30523830 \times 100}{666666666,67} \\ &= + 3,02 \text{ MPa (tarik)} < 3,99 \text{ MPa(OK)}\end{aligned}$$



Gambar 4.44 Diagram Tegangan Saat Beban Layanan dan Setelah Kehilangan Prategang

4.3.9 Kontrol Lendutan

Kemampuan layanan struktur beton prategang ditinjau dari perilaku defleksi komponen tersebut. Karena beton prategang memiliki dimensi yang lebih langsing dibanding dengan beton bertulang biasa sehingga kontrol lendutan sangat diperlukan untuk memenuhi batas layanan yang disyaratkan. Lendutan yang diijinkan pada pelat beton pracetak – prategang ini berdasarkan ACI 325-7R-15 standart lendutan untuk perkerasan jalan raya maksimal adalah 0,75 mm.

Dalam perhitungan lendutan pada beban layanan pada pelat beton akibat beban truk “T” dan beban lajur “D” maka dari output analisa SAP2000 didapatkan lendutan sebagai berikut:

- Panel 3,5 m x 12 m
 $\Delta L = 0,68 \text{ mm} \leq 0,75 \text{ mm(OK)}$
- Panel 3,5 m x 9,5 m
 $\Delta L = 0,64 \text{ mm} \leq 0,75 \text{ mm(OK)}$

1. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (3,5 m x 12 m)

Data Perkerasan :

- Tebal Pengerasan (h) = 200 mm
- Dimensi Panel = 3,5 m x 12 m

Lendutan yang terjadi :

Dari hasil perhitungan SAP2000, maka didapatkan Lendutan sebagai berikut :

- Lendutan Beban Mati
 $(\Delta_i)_{DL} = 0,04 \text{ mm}$
- Lendutan Beban Hidup
 $(\Delta_i)_{LL} = 0,30 \text{ mm}$

Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Umur Rencana) :

Berdasarkan SNI 2847:2013 untuk durasi lebih dari 5 tahun digunakan $\xi = 2$

$$\lambda = 1, \xi = 1 \times 2 = 2$$

Lendutan yang terjadi dapat ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned} \Delta_{LT} &= (\Delta_i)_{LL} + \lambda[(\Delta_i)_{DL} + 0.5(\Delta_i)_{LL}] \\ &= 0,30 + 2[0,04 + 0,5 \times 0,30] \\ &= 0,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan ACI 325.7R – 15 standar lendutan untuk jalan raya maksimal adalah 0,75 mm. sehingga pelat beton tidak boleh melebihi nilai lendutan tersebut.

Kontrol :

$$\begin{aligned} \Delta_{LT} &\leq 0,75 \text{ mm} \\ 0,68 \text{ mm} &\leq 0,75 \text{ mm} \dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Dari kontrol perhitungan lendutan jangka panjang diatas maka perhitungan umur rencana (UR) yang direncanakan adalah 5 tahun atau lebih

2. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (3,5 m x 9,5 m)

Data Perkerasan :

- Tebal Pengerasan (h) = 200 mm
- Dimensi Panel = 3,5 m x 12 m

Lendutan yang terjadi :

Dari hasil perhitungan SAP2000, maka didapatkan Lendutan sebagai berikut :

- Lendutan Beban Mati
 $(\Delta_i)_{DL} = 0,04 \text{ mm}$
- Lendutan Beban Hidup
 $(\Delta_i)_{LL} = 0,28 \text{ mm}$

Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Umur Rencana) :

Berdasarkan SNI 2847:2013 untuk durasi lebih dari 5 tahun digunakan $\xi = 2$

$$\lambda = 1, \xi = 1 \times 2 = 2$$

Lendutan yang terjadi dapat ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned}\Delta_{LT} &= (\Delta_i)_{LL} + \lambda[(\Delta_i)_{DL} + 0.5(\Delta_i)_{LL}] \\ &= 0,28 + 2x[0,04 + 0,5 \times 0,28] \\ &= 0,64 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan ACI 325.7R – 15 standar lendutan untuk jalan raya maksimal adalah 0,75 mm. sehingga pelat beton tidak boleh melebihi nilai lendutan tersebut.

Kontrol :

$$\begin{aligned}\Delta_{LT} &\leq 0,75 \text{ mm} \\ 0,64 \text{ mm} &\leq 0,75 \text{ mm} \dots\dots(\text{OK})\end{aligned}$$

Dari kontrol perhitungan lendutan jangka panjang diatas maka perhitungan umur rencana (UR) yang direncanakan adalah 5 tahun atau lebih

4.3.10 Kontrol Momen Nominal

Kontrol penampang dilakukan untuk mengetahui kekuatan batas penampang rencana apakah mampu menahan momen ultimate (M_u) yang terjadi. nilai momen nominal (M_n) yang terjadi bergantung pada desain penampang sehingga $\phi M_n > M_u$ dengan nilai $\phi = 0,9$. Nilai M_n dapat dihitung sebagai berikut:

1. Panel 3,5 m x 12 m

$$\begin{aligned} A_{ps} &= 4 \times A_s \\ &= 4 \times 98,7 \text{ mm}^2 \\ &= 394,80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$\gamma_p = 0,4$$

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\begin{aligned} \rho_p &= \frac{A_{ps}}{b \times d_p} \\ &= \frac{394,80}{1000 \times 116,67} \end{aligned}$$

$$= 0,003384$$

$$\begin{aligned} f_{ps} &= f_{pu} \times \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \times \rho_p \times \frac{f_{pu}}{f_{rc}} \right) \\ &= 1860 \times \left(1 - \frac{0,4}{0,8} \times 0,003384 \times \frac{1860}{41,5} \right) \\ &= 1718,95 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{ps} \times f_{ps}}{0,85 \times b \times x_{fc'}} \\ &= \frac{394,80 \times 1718,95}{0,85 \times 1000 \times 41,5} \end{aligned}$$

$$= 19,24 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 394,80 \times 1718,95 \times \left(116,67 - \frac{19,24}{2}\right) \\
 &= 72646719,48 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol momen nominal :

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 \times 72646719,48 \text{ Nmm} > 39016310 \text{ Nmm}$$

$$65382047,53 \text{ Nmm} > 39016310 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

$$\begin{aligned}
 A_{ps} &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 98,7 \text{ mm}^2 \\
 &= 197,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$\gamma_p = 0,4$$

$$\beta_1 = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 \rho_p &= \frac{A_{ps}}{b \times d_p} \\
 &= \frac{197,40}{1000 \times 116,67}
 \end{aligned}$$

$$= 0,001692$$

$$\begin{aligned}
 f_{ps} &= f_{pu} \times \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \times \rho_p \times \frac{f_{pu}}{f_{rc}}\right) \\
 &= 1860 \times \left(1 - \frac{0,4}{0,8} \times 0,001692 \times \frac{1860}{41,5}\right) \\
 &= 1789,47 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{ps} \times f_{ps}}{0,85 \times b \times f_{c'}} \\
 &= \frac{197,40 \times 1789,47}{0,85 \times 1000 \times 41,5}
 \end{aligned}$$

$$= 10,01 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 197,40 \times 1789,47 \times \left(116,67 - \frac{10,01}{2} \right) \\
 &= 39442914,86 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol momen nominal :

$$\phi M_n > M_u$$

$$0,9 \times 39442914,86 \text{ Nmm} > 30523830 \text{ Nmm}$$

$$35498623,38 \text{ Nmm} > 30523830 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4.3.11 Kontrol Momen Retak

Perhitungan kuat ultimate dari beton prategang harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 18.8.2 mengenai jumlah total baja tulangan non prategang dan prategang harus cukup untuk menghasilkan beban terfaktor paling sedikit 1,2 kali beban retak (M_{cr}) yang terjadi berdasarkan nilai modulus retak sebesar $f_r = 0,62 \sqrt{f_c'}$, sehingga didapat kontrol momen retak harus $\phi M_n > 1,2 M_{cr}$ dengan nilai $\phi = 0,9$. Nilai momen retak (M_{cr}) dapat dihitung sebagai berikut :

1. Panel 3,5 m x 12 m

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,62 \sqrt{f_c'} \\
 &= 0,62 \times \sqrt{41,5} \\
 &= 3,99 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{se} &= 0,8 \times (4 \times 98,7 \times 1302,00) \\
 &= 411223,68 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= 1/6 \times b \times h^2 \\
 &= 1/6 \times 1000 \times 200^2 \\
 &= 6666666,67 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$e = 16,67 \text{ mm}$$

$$A_c = b \times h$$

$$\begin{aligned}
 &= 1000 \times 200 \\
 &= 200000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \left(fr + \frac{P_{se}}{A_c} \right) \times S_b + (P_{se} \times e) \\
 &= \left(3,99 + \frac{411223,68}{200000} \right) \times 6666666,67 + (411223,68 \times 16,67) \\
 &= 47161184 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol momen retak :

$$\sigma Mn > 1,2 M_{cr}$$

$$0,9 \times 72646719,48 \text{ Nmm} > 1,2 \times 47161184 \text{ Nmm}$$

$$65382047,53 \text{ Nmm} > 56593420,80 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

$$\begin{aligned}
 fr &= 0,62 \sqrt{f'c'} \\
 &= 0,62 \times \sqrt{41,5} \\
 &= 3,99 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{se} &= 0,8 \times (2 \times 98,7 \times 1302,00) \\
 &= 102805,92 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_b &= 1/6 \times b \times h^2 \\
 &= 1/6 \times 1000 \times 200^2 \\
 &= 6666666,67 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$e = 16,67 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \times h \\
 &= 1000 \times 200 \\
 &= 200000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \left(fr + \frac{P_{se}}{A_c} \right) \times S_b + (P_{se} \times e) \\
 &= \left(3,99 + \frac{102805,92}{200000} \right) \times 6666666,67 + (102805,92 \times 16,67) \\
 &= 29040296 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol momen retak :

$$\emptyset M_n > 1,2 M_{cr}$$

$$0,9 \times 39442914,86 \text{ Nmm} > 1,2 \times 29040296 \text{ Nmm}$$

$$35498623,38 \text{ Nmm} > 34848355,20 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4.3.12 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Momen yang harus ditanggung untuk perhitungan tulangan yang dibutuhkan adalah $M_u - 25\% \emptyset M_n$. Karena sebagian sudah ditanggung dalam baja prategang.

1. Panel 3,5 m x 12 m

- Tebal perkerasan (h) = 200 mm
- Selimut beton(d') = 40 mm
- Ukuran panel (axb) = 3,5 m x 12 m
- Kuat tekan beton (f_c') = 41,50 MPa
- Kuat leleh baja (f_y) = 400 MPa
- Asumsi tulangan (\emptyset) = 10 mm

Momen ultimate (M_u total) dari SAP2000 adalah 39016310 Nmm per 1 meter sehingga momen yang digunakan dalam perhitungan tulangan adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= M_u \text{ total} - 25\% \emptyset M_n \\ &= 39016310 \text{ MPa} - (25\% \times 65382047,53 \text{ MPa}) \\ &= 22670798,12 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka perhitungan tulangan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 \times (f_c' - 30 \text{ MPa}) \\ &= 0,85 - 0,008 \times (41,50 - 30 \text{ MPa}) \\ &= 0,758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,758 \times 41,5}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0401 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,041 \\ &= 0,0301\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 41,5} \\ &= 11,34\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}dx &= h - d' - 1/2\emptyset \\ &= 200 - 40 - (1/2 \times 100) \\ &= 155 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n \text{ perlu} &= \frac{M_u}{\emptyset} \\ &= \frac{22670798,12}{0,8} \\ &= 28338497,65 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n \text{ perlu}}{\emptyset \times b \times dx^2} \\ &= \frac{28338497,65}{0,8 \times 1000 \times 155^2} \\ &= 1,474 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{11,34} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times (11,34) \times 1,474}{400}} \right) \\
 &= 0,00377
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00377 < 0,0301
 \end{aligned}$$

Yang dipakai adalah $\rho_{\text{perlu}} = 0,00377$ (diantara ρ_{\min} dan ρ_{\max})

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00377 \times 1000 \times 155 \\
 &= 583,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø10 mm As tul = 78,54 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tul. (n)} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tul}} \\
 &= \frac{583,81}{78,54} \\
 &= 7,43 \Rightarrow 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tul. (S)} &= \frac{1000}{n} \\
 &= \frac{1000}{8} \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tualangan **Ø10 mm – 125 mm**

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

- Tebal perkerasan (h) = 200 mm
- Selimut beton (d') = 40 mm
- Ukuran panel (a x b) = 3,5 m x 9,5 m
- Kuat tekan beton (f_c') = 41,50 MPa
- Kuat leleh baja (f_y) = 400 MPa

$$\text{- Asumsi tulangan } (\emptyset) = 10 \text{ mm}$$

Momen ultimate (M_u total) dari SAP2000 adalah 39016310 Nmm per 1 meter sehingga momen yang digunakan dalam perhitungan tulangan adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= M_u \text{ total} - 25\% \emptyset M_n \\ &= 30523830 \text{ MPa} - (25\% \times 35,498623,38 \text{ MPa}) \\ &= 21649174,16 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Maka perhitungan tulangan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 \times (f_c' - 30 \text{ MPa}) \\ &= 0,85 - 0,008 \times (41,50 - 30 \text{ MPa}) \\ &= 0,758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,758 \times 41,5}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,0401 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,041 \\ &= 0,0301 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 41,5} \\ &= 11,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_x &= h - d' - 1/2 \emptyset \\ &= 200 - 40 - (1/2 \times 100) \\ &= 155 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ perlu} &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{21649174,16}{0,8} \\
 &= 27061467,69 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n \text{ perlu}}{\phi \times b \times d x^2} \\
 &= \frac{27061467,69}{0,8 \times 1000 \times 155^2} \\
 &= 1,408 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,34} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times (11,34) \times 1,408}{400}} \right) \\
 &= 0,00359
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00359 < 0,0301
 \end{aligned}$$

Yang dipakai adalah $\rho_{\text{perlu}} = 0,00359$ (diantara ρ_{\min} dan ρ_{\max})

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d x \\
 &= 0,00359 \times 1000 \times 155 \\
 &= 556,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø10 mm $A_s \text{ tul} = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tul. (n)} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tul}} \\
 &= \frac{556,94}{78,54}
 \end{aligned}$$

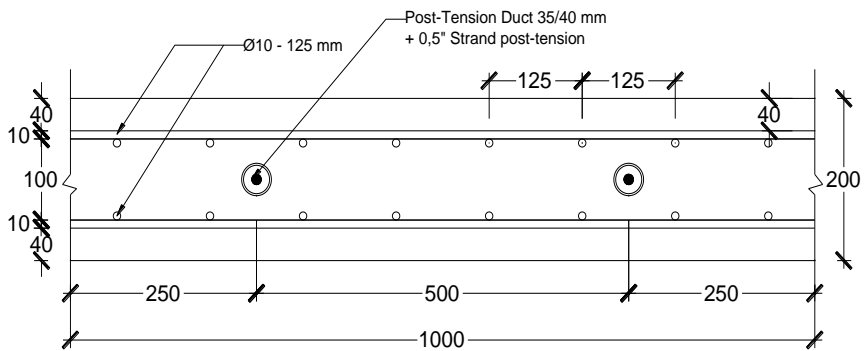
$$= 7,09 \Rightarrow 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak Tul. (S)} = \frac{1000}{n}$$

$$= \frac{1000}{8}$$

$$= 125 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tualangan $\text{Ø}10 \text{ mm} - 125 \text{ mm}$



Gambar 4.45 Detail Tulangan Pelat Beton

4.4 Detail Sambungan dan Angkur

Pada sambungan ini terdapat beberapa jenis sambungan dari expansion joint arah melintang, sambungan memanjang dengan batang pengikat (Tie bars) dan sambungan melintang antar panel serta pemasangan angkur pada pusat panel.

4.4.1 Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (Tie Bars)

Data perencanaan :

- Tebal Perkerasan (h) = 0,2 m
- Jarak natar sambungan (b) = 3,5 m
- Diameter ruji/tie bars (Ø) = 16 mm
- Luasan ruji (As) = 201,06 mm²
- Jarak antar ruji/tie bars = 70 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan ruji/tie bars perlu (At)} &= 204 \times b \times h \\
 &= 204 \times 3,5 \times 0,2 \\
 &= 142,80 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$At \leq As$$

$$142,80 \text{ mm}^2 \leq 201,06 \text{ mm}^2 \text{(OK)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang batang ruji/tie bars (L)} &= (38,3 \times \emptyset) + 70 \\
 &= 682,80 \text{ mm} \\
 &= 68,28 \text{ cm} \Rightarrow 70 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Sehingga batang pengikat ruji/tie bars yang digunakan adalah Ø16 mm – 70 cm dan dipasang sejarak 70 cm.

4.4.2 Expansion Joint Arah Melintang

Pada sambungan susut (*expansion*) joint ini terletak pada panel sambungan yang disambungkan dengan dowel pada semua panel pelat beton yang distressing penuh. Sambungan dengan dowel ini terletak di tengah – tengah pada panel sambungan (*joint panel*) arah melintang yang diperlakukan sebagai sendi yang pada dasarnya mengalami dampak yang besar dari beban lalu lintas.

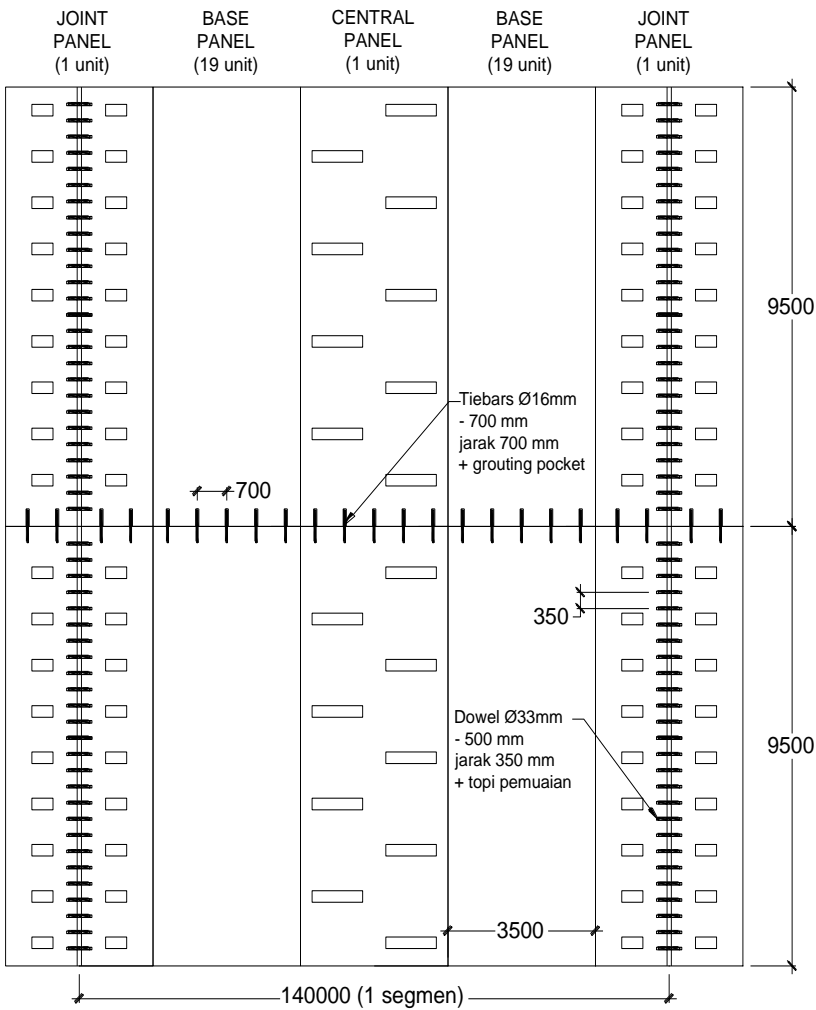
Tabel 4.31 Diameter Ruji

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h < 140$	20
2	$140 < h < 160$	24
3	$160 < h < 190$	28
4	$190 < h < 220$	33
5	$220 < h < 250$	36

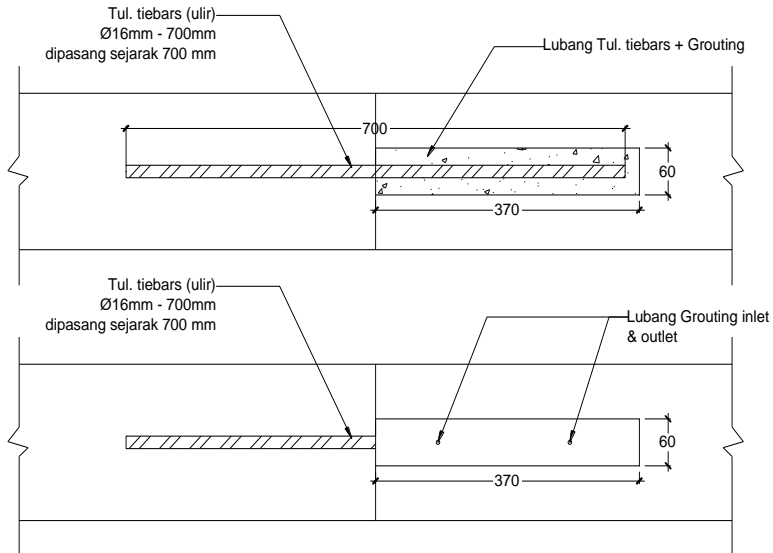
Sumber : Pd T-14-2003

Dilihat pada Tabel 4.31 maka dengan tebal pelat beton 200 mm diameter dowel (Tul. Polos) yang di pakai adalah Ø33 mm – 500 mm yang dipasang anatar dowel sejarak 350 mm dari pusat panel dan pada ujungnya diberi topi pemuaian (*expansion cup*) yang memungkinkan ruji dapat bergerak sejauh 6 mm.

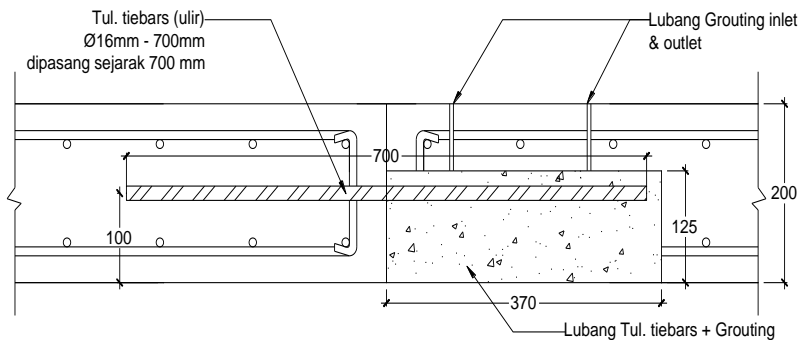
Dapat dilihat pada Gambar 4.46 – Gambar 4.49 plan pemasangan sambungan memanjang dengan batang pengikat (tiebars) dan sambungan expansion joint arah melintang pada satu segmen prestress sepanjang 140 m yang dibagi menjadi 70m stressing pada pusat panel serta detail pada masing – masing sambungan.



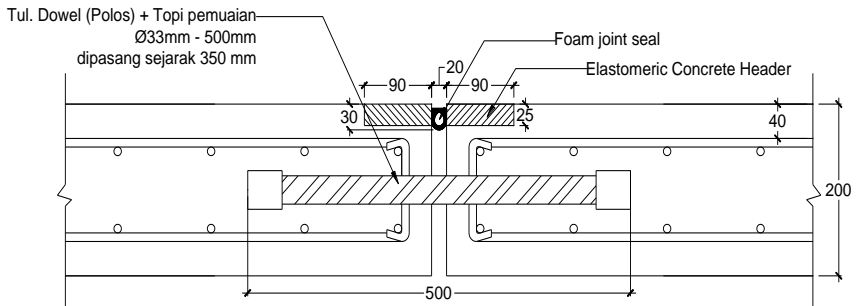
Gambar 4.46 Plan Pemasangan Tibars dan Dowel pada 1 (satu) segmen Stressing



Gambar 4.47 Tampak Atas Pemasangan Tie bars Pada Panel Ukuran 3,5 x 9,5 m



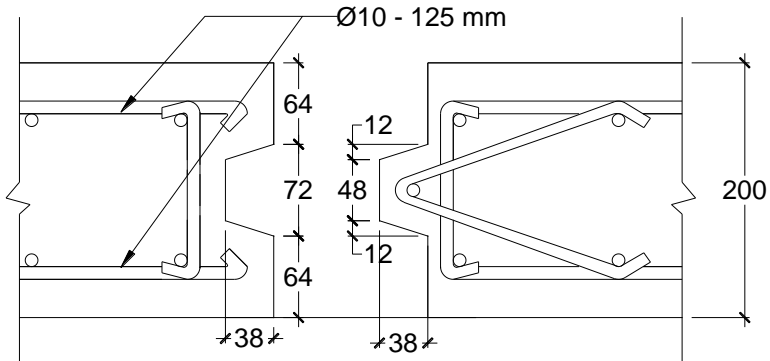
Gambar 4.48 Detail Pemasangan Tie bars Arah Memanjang Pada Panel Ukuran 3,5 x 9,5 m



Gambar 4.49 Detail Pemasangan Dowel Arah Melintang Pada Joint Panel

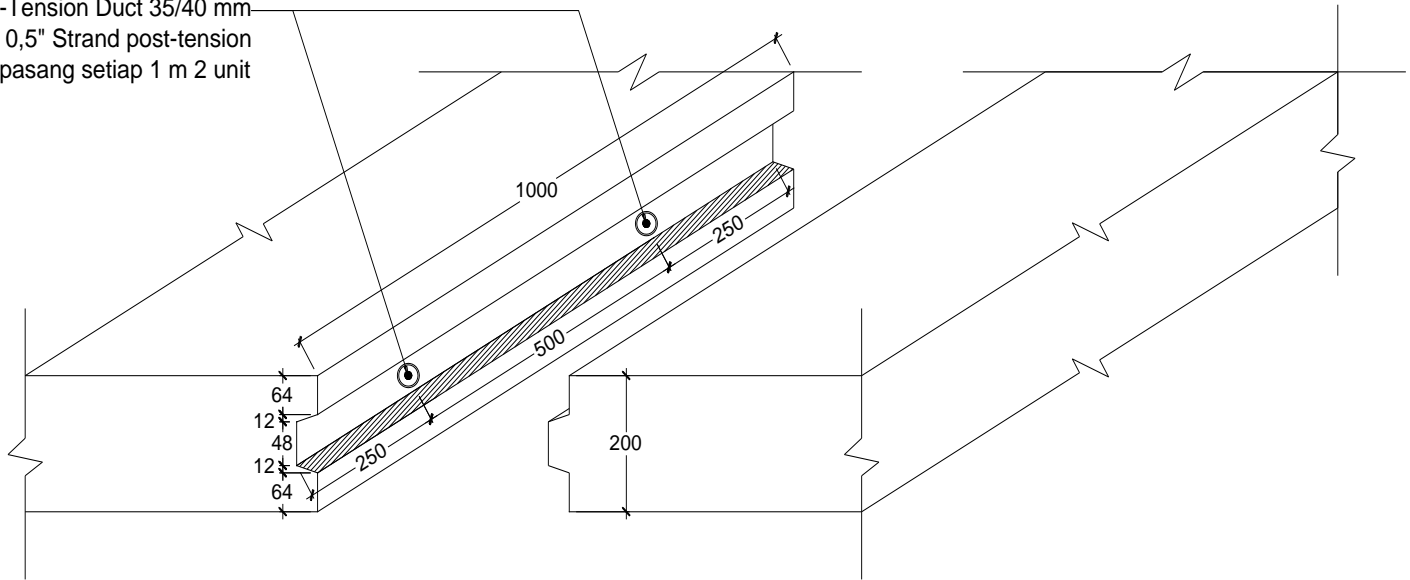
4.4.3 Sambungan Melintang Antar Panel

Sambungan melintang antar panel digunakan jenis sambungan lidah alur (*shear key*) yang mempunyai perkuatan pada lidah sambungan. Pada sambungan ini harus diberi perekat epoksi pada pelat beton agar terjaga kelekatan antar panel ketika dipasang. Untuk melihat detail ukuran sambungan dapat dilihat pada Gambar 4.50 dan Gambar 4.51.



Gambar 4.50 Detail Sambungan Lidah Alur

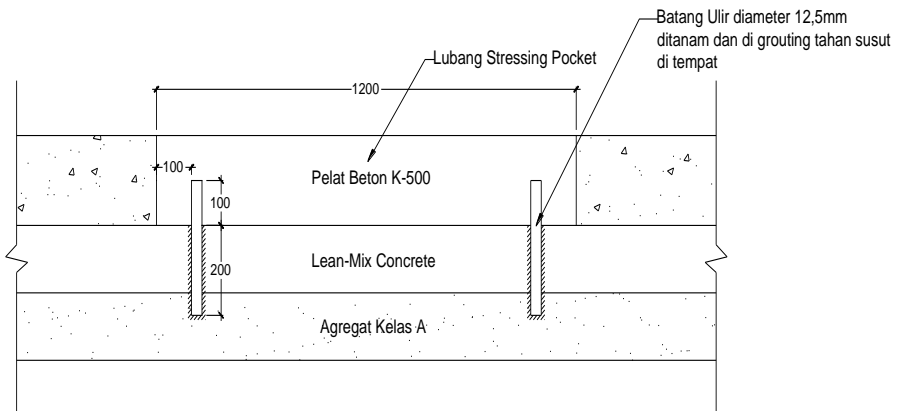
Post-Tension Duct 35/40 mm
+ 0,5" Strand post-tension
dipasang setiap 1 m 2 unit



Gambar 4.51 Isometri Sambungan Lidah Alur Antar Panel

4.4.4 Pemasangan Angkur Tanam

Pemasangan angkur tanam dilakukan pada dua panel pusat (*Central Panel*) yang di pasang secar melintang sesuai blackout kantong prategang. Angkur ini memiliki batang ulir dengan ukuran $\varnothing 12,5$ mm dengan panjang 30 cm dan ditanam dengan panjang 20 cm. untuk detail dapat dilihat pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 Pemasangan Angkur Tanam

4.5 Perbandingan Pemasangan Jalan Beton Konvensional Dengan Beton Metode PPCP

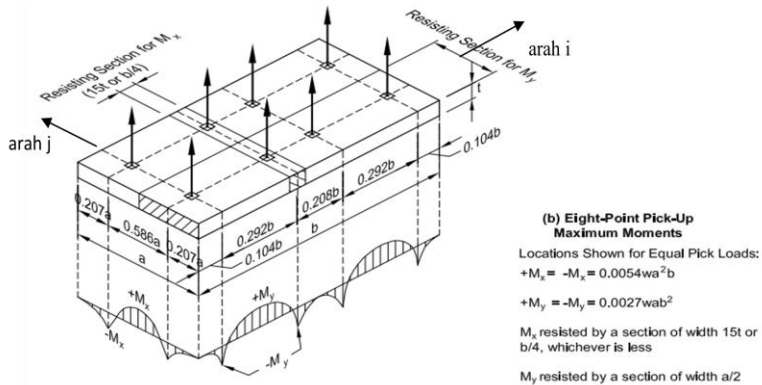
Setelah dilakukan perhitungan pelat beton konvensional dan pelat beton metode PPCP maka didapatkan beberapa perbandingan hasil antara kedua perkerasan jalan beton tersebut. Pada Tabel 4.32 dapat dipaparkan perbandingan tersebut.

Tabel 4.32 Perbandingan Beton Konvensional dan PPCP

No.	Tinjauan	Beton Konvensional	PPCP
1.	Tebal Pelat Beton	350 mm	200 mm
2.	Umur Rencana	Max. 5 Tahun	Min. 5 Tahun atau lebih
3.	Jarak Sambungan	8 m - 15 m	140 m
4.	Tulangan	Minimal Tul. Ø12 mm (2 layer)	Tul. Ø10 mm (2 layer) + baja prategang
5.	Pelaksanaan	Cast in situ (cor tempat)	Precast (panel beton) + prategang
6.	Waktu Pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat
7.	Biaya	Lebih murah	Lebih mahal

4.6 Perhitungan Kait Pengangkat (*Lifting Point*)

Dalam pemasangan panel pelat beton pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Pada perhitungan ini dihitung pada panel ukuran 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m dengan delapan titik pengangkatan (*eight point pick up*).



Gambar 4.53 Diagram Momen Saat Pengangkatan Pelat Pracetak

1. Panel 3,5 m x 12 m

- Panjang (b) = 12 m
- Lebar (a) = 3,5 m
- Tebal (t) = 0,2 m
- Y_c = 0,1 m
- Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
- f_y = 3900 kg/cm^2
- f_c' = $41,5 \text{ MPa}$

Perhitunga tulangan angkat

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 50 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k=1,2$) pada saat pengangkatan.

$$\begin{aligned} \text{Dead load} &= 0,2 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 20160 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2 \times 1,4 \times 20160 \text{ kg} \\ &= 33868,80 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya angkat tiap tulangan} = \frac{33868,80}{8} = 4233,6 \text{ kg}$$

Sesuai PPBI pasal 2.2.2 tegangan tarik ijin baja :

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3900}{1,5} = 2600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ Tul. angkat} = \sqrt{\frac{4233,6}{2600 \times \pi}} = 0,72 \text{ cm} = 7,20 \text{ mm}$$

Jadi tulangan angkat digunakan $\varnothing 10 \text{ mm}$

Kontrol tulangan angkat

- Tegangan ijin untuk pengangkatan dengan asumsi usia beton saat pengangkatan adalah umur 3 hari

$$\begin{aligned} f_{ci} &= 0,4 \times f_c' \\ &= 0,4 \times 41,5 \\ &= 16,6 \text{ MPa} \\ f_r &= 0,62 \times \sqrt{16,6} \\ &= 2,53 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Tegangan ijin untuk pengangkatan dengan asumsi usia beton saat pengangkatan adalah umur 28 hari

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{0,62 \times \sqrt{f_c'}}{\text{SF}} \\ &= \frac{0,62 \times \sqrt{41,5}}{1,5} \\ &= 2,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan 8 titik angkat, maka momen maksimum diperhitungkan berdasarkan arah x dan y :

$$\begin{aligned} W &= 1,2 \times 0,2 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 576 \text{ kg/m}^2 \\ M_x &= 0,0054 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0054 \times 576 \times 3,5^2 \times 12 \\ &= 457,23 \text{ kgm} \\ M_y &= 0,0027 \times w \times a \times b^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0027 \times 576 \times 3,5 \times 12^2 \\
 &= 783,82 \text{ kgm} \\
 P &= \frac{D_{ult}}{8} \\
 &= \frac{33868,80}{8} \\
 &= 4233,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- My ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 3500/2 = 1750$ mm

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{P \times Y_c}{\text{tg } \alpha} \\
 &= \frac{4233,6 \times 100}{\text{tg } 90} = 0 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tot} &= 783,82 + 0 = 783,82 \text{ kgm} \\
 &= 7686656,25 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 1/6 \times a/2 \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 1750 \times 200^2 \\
 &= 11666666,67 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{M_{tot}}{Z} \\
 &= \frac{7686656,25}{11666666,67} \\
 &= 0,66 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$F_t < f_r$$

$$0,66 < 2,53 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

- Mx ditahan oleh penampang :
 $15 \times \text{tebal} = 15 \times 200 = 3000 \text{ mm}$, atau
 $b/4 = 12000/4 = 3000 \text{ mm}$
 Sehingga diambil yang terkecil adalah 3000mm

$$\begin{aligned}
 M_x &= \frac{P \times Y_c}{\operatorname{tg} \alpha} \\
 &= \frac{4233,6 \times 100}{\operatorname{tg} 90} = 0 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tot}} &= 457,23 + 0 = 457,23 \text{ kgm} \\
 &= 4483882,81 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 1/6 \times b/4 \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 3000 \times 200^2 \\
 &= 20000000 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{M_{\text{tot}}}{Z} \\
 &= \frac{4483882,81}{20000000} \\
 &= 0,22 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$F_t < f_r$$

$$0,22 < 2,53 \dots\dots(\text{OK})$$

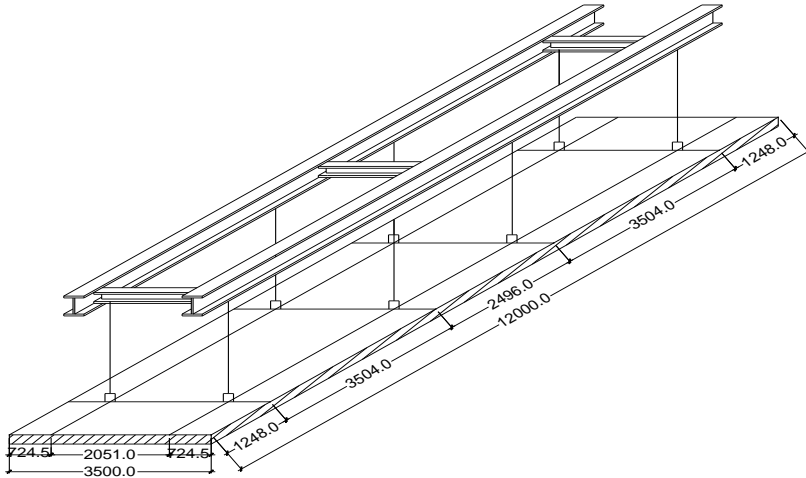
$$\begin{aligned}
 I_g &= 1/12 \times b \times t^3 \\
 &= 1/12 \times 12000 \times 200^3 \\
 &= 16000000000 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \times I_g}{Y_t} \\
 &= \frac{2,53 \times 16000000000}{100} \\
 &= 404171527,9 \text{ Nmm} \\
 &= 41214,02 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$M_x < M_{cr}$$

$$457,23 \text{ Kgm} < 41214,02 \text{ Kgm} \dots\dots(\text{OK})$$



Gambar 4.54 Detail Pengangkatan Pelat Beton Pracetak
(3,5 m x 12m)

2. Panel 3,5 m x 9,5 m

- Panjang (b) = 12 m
- Lebar (a) = 3,5 m
- Tebal (t) = 0,2 m
- Y_c = 0,1 m
- Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
- f_y = 3900 kg/cm^2
- f_c' = $41,5 \text{ MPa}$

Perhitunga tulangan angkat

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 50 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k=1,2$) pada saat pengangkatan.

$$\begin{aligned} \text{Dead load} &= 0,2 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 20160 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Beban Ultimate} = 1,2 \times 1,4 \times 20160 \text{ kg}$$

$$= 33868,80 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya angkat tiap tulangan} = \frac{33868,80}{8} = 4233,6 \text{ kg}$$

Sesuai PPBI pasal 2.2.2 tegangan tarik ijin baja :

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3900}{1,5} = 2600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ Tul. angkat} = \sqrt{\frac{4233,6}{2600 \times \pi}} = 0,72 \text{ cm} = 7,20 \text{ mm}$$

Jadi tulangan angkat digunakan $\varnothing 10 \text{ mm}$

Kontrol tulangan angkat

- Tegangan ijin untuk pengangkatan dengan asumsi usia beton saat pengangkatan adalah umur 3 hari

$$\begin{aligned} f_{ci} &= 0,4 \times f_{c'} \\ &= 0,4 \times 41,5 \\ &= 16,6 \text{ MPa} \\ f_r &= 0,62 \times \sqrt{16,6} \\ &= 2,53 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Tegangan ijin untuk pengangkatan dengan asumsi usia beton saat pengangkatan adalah umur 28 hari

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{0,62 \times \sqrt{f_{c'}}}{SF} \\ &= \frac{0,62 \times \sqrt{41,5}}{1,5} \\ &= 2,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan 8 titik angkat, maka momen maksimum diperhitungkan berdasarkan arah x dan y :

$$\begin{aligned} W &= 1,2 \times 0,2 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 576 \text{ kg/m}^2 \\ M_x &= 0,0054 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0054 \times 576 \times 3,5^2 \times 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 457,23 \text{ kgm} \\
 M_y &= 0,0027 \times w \times a \times b^2 \\
 &= 0,0027 \times 576 \times 3,5 \times 12^2 \\
 &= 783,82 \text{ kgm} \\
 P &= \frac{D_{ult}}{8} \\
 &= \frac{33868,80}{8} \\
 &= 4233,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 3500/2 = 1750$ mm

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{P \times Y_c}{\text{tg } \alpha} \\
 &= \frac{4233,6 \times 100}{\text{tg } 90} = 0 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tot} &= 783,82 + 0 = 783,82 \text{ kgm} \\
 &= 7686656,25 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 1/6 \times a/2 \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 1750 \times 200^2 \\
 &= 11666666,67 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{M_{tot}}{Z} \\
 &= \frac{7686656,25}{11666666,67} \\
 &= 0,66 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$F_t < f_r$$

$$0,66 < 2,53 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

- M_x ditahan oleh penampang :
 $15 \times \text{tebal} = 15 \times 200 = 3000 \text{ mm}$, atau
 $b/4 = 12000/4 = 3000 \text{ mm}$

Sehingga diambil yang terkecil adalah 3000mm

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{P \times Y_c}{\operatorname{tg} \alpha} \\ &= \frac{4233,6 \times 100}{\operatorname{tg} 90} = 0 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tot}} &= 457,23 + 0 = 457,23 \text{ kgm} \\ &= 4483882,81 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 1/6 \times b/4 \times t^2 \\ &= 1/6 \times 3000 \times 200^2 \\ &= 20000000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{M_{\text{tot}}}{Z} \\ &= \frac{4483882,81}{20000000} \\ &= 0,22 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$f_t < f_r$$

$$0,22 < 2,53 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

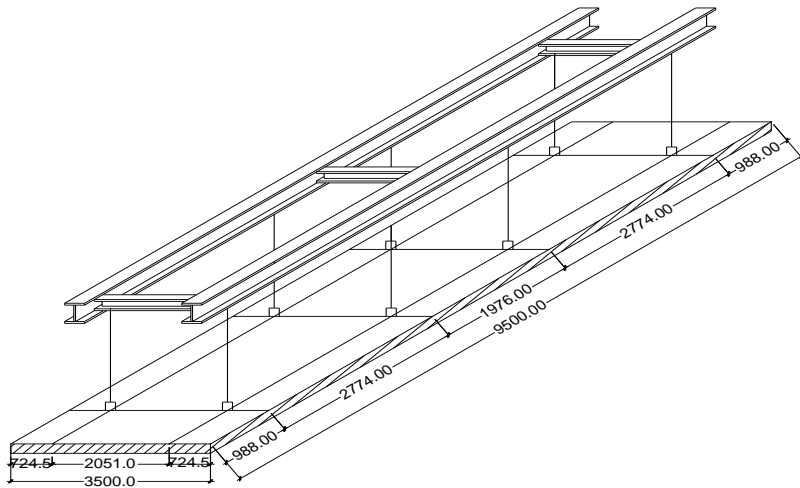
$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \times b \times t^3 \\ &= 1/12 \times 12000 \times 200^3 \\ &= 16000000000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f_r \times I_g}{Y_t} \\ &= \frac{2,53 \times 16000000000}{100} \\ &= 404171527,9 \text{ Nmm} \\ &= 41214,02 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$M_x < M_{cr}$$

$$457,23 \text{ Kgm} < 41214,02 \text{ Kgm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$



Gambar 4.55 Detail Pengangkatan Pelat Beton Pracetak
(3,5 m x 9,5 m)

4.7 Kontrol Geometrik Jalan

Di dalam perencanaan jalan memerlukan banyak pertimbangan untuk kenyamanan dan keamanan para pengguna jalan. Untuk itu perlu dilakukan kontrol terhadap geometrik jalan yang direncanakan untuk mengetahui jenis geometrik yang pantas untuk dilaksanakan. Pada ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km. 7+185 ini terdapat tipe geometrik yang dibagi menjadi dua yaitu :

1. Alinyemen Horizontal
2. Pelebaran Pada Lengkun Horizontal
3. Alinyemen Vertikal

4.7.1 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal terdiri dari bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan) yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat melaju dengan kecepatan tertentu. Dalam perencanaan jalan pada ruas ruas jalan Surabaya – Gresik Km. 3+175 – Km. 7+185 diperlukan data –

data yang dapat mendukung proses pengklasifikasian untuk menentukan jenis tikungan.

Untuk alinyemen horizontal berdasarkan survey lokasi di lapangan dan pada data gambar trase jalan atau long section gambar tidak terdapat lengkung yang terlalu tajam, maka pada ruas jalan ini hanya sebatas kontrol perhitungan data lengkung horizontal dan penentuan jenis lengkung horizontal yang terdapat 8 lengkung horizontal pada lokasi tersebut.

Syarat :

- a. $e < 3\%$ dan $L_c > 25$ m maka digunakan Lengkung F-C
- b. $e > 3\%$ dan $L_c > 25$ m maka digunakan Lengkung S-C-S
- c. $e > 3\%$ dan $L_c < 25$ m maka digunakan Lengkung S-S

1. PI – 4

$$STA = 3 + 457,292$$

$$\Delta = 0,585^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 3000 \text{ m}$$

$$L_c = 30,62 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 3+457,292

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)}$$

$$= 109,666 \text{ m}$$

$$R_{\min} < R_{\text{lapangam}}$$

$$109,666 \text{ m} < 3000 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 30,62 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} T_c &= R_c \times \text{tg} (1/2\Delta) \\ &= 3000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 0,585^\circ) \\ &= 15,316 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= T_c \times \text{tg} (1/4\Delta) \\ &= 15,316 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 0,585^\circ) \\ &= 0,039 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_c &= \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c \\ &= \left(\frac{0,585^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 3000 \text{ m} \\ &= 30,631 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= L_c \\ &= 30,631 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_{\text{tot}} < (2 \times T_c)$$

$$30,631 \text{ m} < (2 \times 15,316 \text{ m})$$

$$30,631 \text{ m} < 30,632 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

2. PI-5

$$STA = 3 + 727,627$$

$$\Delta = 0,804^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 3000 \text{ m}$$

$$L_c = 42,10 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 3+727,627

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)}$$

$$= 109,666 \text{ m}$$

$$R_{\min} < R_{\text{lapangam}}$$

$$109,666 \text{ m} < 3000 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 42,10 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} T_c &= R_c \times \text{tg} (1/2\Delta) \\ &= 3000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 0,804^\circ) \\ &= 21,054 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E_c = T_c \times \text{tg} (1/4\Delta)$$

$$= 21,054 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 0,804^\circ)$$

$$= 0,074 \text{ m}$$

$$L_c = \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c$$

$$= \left(\frac{0,804^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 3000 \text{ m}$$

$$= 42,106 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = L_c$$

$$= 42,106 \text{ m}$$

Kontrol

$$L_{\text{tot}} < (2 \times T_c)$$

$$42,106 \text{ m} < (2 \times 21,054 \text{ m})$$

$$42,106 \text{ m} < 42,109 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

3. PI – 6

$$STA = 4 + 072,586$$

$$\Delta = 0,914^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 5000 \text{ m}$$

$$L_c = 79,74 \text{ m}$$

$$e_{\text{maks}} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 4+072,586

$$f_{\text{maks}} = -0,00065 \times V_r + 0,192$$

$$= -0,00065 \times 50 + 0,192$$

$$= 0,160$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\
 &= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)} \\
 &= 109,666 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &< R_{\text{lapangam}} \\
 109,666 \text{ m} &< 5000 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } Lc > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 79,74 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 Tc &= Rc \times \text{tg} (1/2\Delta) \\
 &= 5000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 0,914^\circ) \\
 &= 39,879 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ec &= Tc \times \text{tg} (1/4\Delta) \\
 &= 39,879 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 0,914^\circ) \\
 &= 0,159 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lc &= \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times Rc \\
 &= \left(\frac{0,914^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 5000 \text{ m} \\
 &= 79,752 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lt_{\text{tot}} &= Lc \\
 &= 79,752 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_{tot} < (2 \times T_c)$$

$$79,752 \text{ m} < (2 \times 39,879 \text{ m})$$

$$79,752 \text{ m} < 79,759 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4. PI – 7

$$STA = 4 + 499,483$$

$$\Delta = 0,914^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 400 \text{ m}$$

$$L_c = 79,74 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,036$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 4+499,483

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$= \frac{50^2}{127(0,036 + 0,160)}$$

$$= 109,691 \text{ m}$$

$$R_{min} < R_{lapangam}$$

$$109,691 \text{ m} < 400 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Karena :

$$e > 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$3,6\% > 3\% \text{ dan } 79,74 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Spiral Circle**

Spiral

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$L_s = 45 \text{ m (standart bina marga)}$$

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$= \frac{90 \times 45}{\pi \times 400}$$

$$= 3,223^\circ$$

$$p = \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_c} \right) - (R_c \times (1 - \cos \theta_s))$$

$$= \left(\frac{45^2}{6 \times 400} \right) - (400 \times (1 - \cos 3,223))$$

$$= 0,211 \text{ m}$$

$$k = L_s - \left(\frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} \right) - (R_c \times \sin \theta_s)$$

$$= 45 - \left(\frac{45^3}{40 \times 400^2} \right) - (400 \times \sin 3,223)$$

$$= 22,433 \text{ m}$$

$$E_s = (R_c + p) \times \sec 1/2 \Delta - R_c$$

$$= (400 + 0,211) \times \sec 1/2 0,914 - 400$$

$$= 199,869 \text{ m}$$

$$T_s = (R_c + p) \times \tg 1/2 \Delta + k$$

$$= (400 + 0,211) \times \tg 1/2 0,914 + 22,433$$

$$= 25,625 \text{ m}$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$

$$= 79,74 + (2 \times 45)$$

$$= 169,74 \text{ m}$$

Kontrol

$$L_c < (2 \times T_s)$$

$$79,74 \text{ m} > (2 \times 25,625 \text{ m})$$

$$79,752 \text{ m} > 51,249 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{NOT OK})$$

Karena kontrol tidak memenuhi sehingga L_c dihitung ulang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_c &= \left(\frac{\Delta - 2\theta_s \times \pi \times R_c}{180^\circ} \right) \times R_c \\ &= \left(\frac{0,914 - 2(3,223) \times \pi \times 400}{180^\circ} \right) \times 400 \\ &= 38,620 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_c < (2 \times T_s)$$

$$38,62 \text{ m} < (2 \times 25,625 \text{ m})$$

$$38,62 \text{ m} < 51,249 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5. PI-8

$$STA = 4 + 615,820$$

$$\Delta = 4,080^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$L_c = 53,40 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 4+615,820

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\
 &= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)} \\
 &= 109,666 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &< R_{\text{lapangam}} \\
 109,666 \text{ m} &< 750 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 53,40 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 T_c &= R_c \times \text{tg} (1/2 \Delta) \\
 &= 750 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 4,080^\circ) \\
 &= 26,747 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= T_c \times \text{tg} (1/4 \Delta) \\
 &= 26,747 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 4,080^\circ) \\
 &= 0,477 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c \\
 &= \left(\frac{4,080^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 750 \text{ m} \\
 &= 53,403 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= L_c \\
 &= 53,403 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_{\text{tot}} < (2 \times T_c)$$

$$53,403 \text{ m} < (2 \times 26,747 \text{ m})$$

$$53,403 \text{ m} < 53,494 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

6. PI – 9

$$\text{STA} = 5 + 133,073$$

$$\Delta = 0,941^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 5000 \text{ m}$$

$$L_c = 82,11 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 5+133,073

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)}$$

$$= 109,666 \text{ m}$$

$$R_{\min} < R_{\text{lapangam}}$$

$$109,666 \text{ m} < 5000 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 82,11 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$T_c = R_c \times \text{tg} (1/2\Delta)$$

$$= 5000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 0,941^\circ)$$

$$= 41,067 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_c &= T_c \times \operatorname{tg} (1/4\Delta) \\ &= 41,067 \text{ m} \times \operatorname{tg} (1/4 \times 0,941^\circ) \\ &= 0,169 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_c &= \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c \\ &= \left(\frac{0,941^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 5000 \text{ m} \\ &= 82,127 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= L_c \\ &= 82,127 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_{\text{tot}} < (2 \times T_c)$$

$$82,127 \text{ m} < (2 \times 41,067 \text{ m})$$

$$82,127 \text{ m} < 82,135 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

7. PI – 10

$$\text{STA} = 5 + 638,076$$

$$\Delta = 0,502^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 5000 \text{ m}$$

$$L_c = 43,78 \text{ m}$$

$$e_{\text{maks}} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA
5+638,076

$$\begin{aligned}
 f_{maks} &= - 0,00065 \times V_r + 0,192 \\
 &= - 0,00065 \times 50 + 0,192 \\
 &= 0,160
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &= \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\
 &= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)} \\
 &= 109,666 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\min} &< R_{\text{lapangam}} \\
 109,666 \text{ m} &< 5000 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 43,78 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**
 Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 T_c &= R_c \times \text{tg} (1/2\Delta) \\
 &= 5000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 0,502^\circ) \\
 &= 21,890 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= T_c \times \text{tg} (1/4\Delta) \\
 &= 21,890 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 0,502^\circ) \\
 &= 0,048 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c \\
 &= \left(\frac{0,502^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 5000 \text{ m} \\
 &= 43,779 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= L_c \\
 &= 43,779 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$L_{tot} < (2 \times T_c)$$

$$43,779 \text{ m} < (2 \times 21,890 \text{ m})$$

$$43,779 \text{ m} < 43,780 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

8. PI – 11

$$STA = 6 + 619,181$$

$$\Delta = 1,365^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 5000 \text{ m}$$

$$L_c = 119,11 \text{ m}$$

$$e_{maks} = 0,02$$

Kontrol Perhitungan Alinyemen Horizontal STA 6+619,181

$$\begin{aligned} f_{maks} &= -0,00065 \times V_r + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 50 + 0,192 \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

$$= \frac{50^2}{127(0,02 + 0,160)}$$

$$= 109,666 \text{ m}$$

$$R_{min} < R_{lapangam}$$

$$109,666 \text{ m} < 5000 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Karena :

$$e < 3\% \text{ dan } L_c > 25 \text{ m}$$

$$2\% < 3\% \text{ dan } 119,11 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, Tipe lengkung yang digunakan adalah **Full Circle**

Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti dibawah ini:

$$T_c = R_c \times \text{tg} (1/2\Delta)$$

$$= 5000 \text{ m} \times \text{tg} (1/2 \times 1,365^\circ)$$

$$= 59,571 \text{ m}$$

$$E_c = T_c \times \text{tg} (1/4\Delta)$$

$$= 59,571 \text{ m} \times \text{tg} (1/4 \times 1,365^\circ)$$

$$= 0,355 \text{ m}$$

$$L_c = \left(\frac{\Delta \times \pi}{180^\circ} \right) \times R_c$$

$$= \left(\frac{1,365^\circ \times \pi}{180^\circ} \right) \times 5000 \text{ m}$$

$$= 119,119 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = L_c$$

$$= 119,119 \text{ m}$$

Kontrol

$$L_{\text{tot}} < (2 \times T_c)$$

$$119,119 \text{ m} < (2 \times 59,571 \text{ m})$$

$$119,119 \text{ m} < 119,141 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4.7.2 Pelebaran Pada Lengkung Horizontal

Pelebaran pada lengkung horizontal ini digunakan untuk mengetahui berapa lebar yang dibutuhkan pada lengkung ketika kendaraan berat yang panjang seperti kendaraan semi trailer bisa melewati dengan mudah pada tikungan. Pada tikungan yang memerlukan pelebaran ini terdapat 2 lengkung saja.

1. PI-7

$$STA = 4 + 499,483$$

$$\Delta = 0,914^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 400 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\mu &= 2,5 \text{ m (Lebar roda kendaraan)} \\ L &= 12 \text{ m (Panjang roda belakang sampai depan)} \\ A &= 1,5 \text{ m (Overhang depan kendaraan)}\end{aligned}$$

Perhitungan Pelebaran

$$\begin{aligned}W_n &= 12 \text{ m (Lebar jalan lurus)} \\ N &= 4 \text{ jalur (Jumlah jalur)} \\ C &= 2,10 \text{ m (Clearance lebar jalan 12 m)} \\ U &= \mu + R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \\ &= 2,5 + 400 - \sqrt{(400^2 - 12^2)} \\ &= 2,68 \text{ m (Lebar lintasan pada roda)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_a &= \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R \\ &= \sqrt{400^2 + 1,5(2 \times 12 + 1,5)} - 400 \\ &= 0,05 \text{ m (Lebar front overhang)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= 0,1 \times \frac{Vr}{\sqrt{R}} \\ &= 0,1 \times \frac{50}{\sqrt{400}} \\ &= 0,25 \text{ m (Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi)}\end{aligned}$$

Jadi, lebar pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan adalah

$$\begin{aligned}W_c &= N \times (U + C) + (N - 1) \times F_a + Z \\ &= 4 \times (2,68 + 2,10) + (4 - 1) \times 0,05 + 0,25 \\ &= 19,51 \text{ m (Lebar total yang dibutuhkan pada tikungan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega &= W_c - W_n \\ &= 19,51 \text{ m} - 12 \text{ m} \\ &= 7,51 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga lebar pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan adalah **7,51 m**

2. PI – 8

$$\text{STA} = 4 + 615,820$$

$$\Delta = 4,080^\circ$$

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$R = 750 \text{ m}$$

$$\mu = 2,5 \text{ m (Lebar roda kendaraan)}$$

$$L = 12 \text{ m (Panjang roda belakang sampai depan)}$$

$$A = 1,5 \text{ m (Overhang depan kendaraan)}$$

Perhitungan Pelebaran

$$W_n = 19 \text{ m (Lebar jalan lurus)}$$

$$N = 4 \text{ jalur (Jumlah jalur)}$$

$$C = 3,80 \text{ m (Clearance lebar jalan 19 m)}$$

$$\begin{aligned} U &= \mu + R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \\ &= 2,5 + 750 - \sqrt{(750^2 - 12^2)} \\ &= 2,60 \text{ m (Lebar lintasan pada roda)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_a &= \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R \\ &= \sqrt{750^2 + 1,5(2 \times 12 + 1,5)} - 750 \\ &= 0,03 \text{ m (Lebar front overhang)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 0,1 \times \frac{V_r}{\sqrt{R}} \\ &= 0,1 \times \frac{50}{\sqrt{750}} \\ &= 0,18 \text{ m (Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi)} \end{aligned}$$

Jadi, lebar pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan adalah

$$\begin{aligned} W_c &= N \times (U + C) + (N - 1) \times F_a + Z \\ &= 6 \times (2,60 + 3,80) + (6 - 1) \times 0,03 + 0,18 \\ &= 25,89 \text{ m (Lebar total yang dibutuhkan pada tikungan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= W_c - W_n \\
 &= 25,89 \text{ m} - 19 \text{ m} \\
 &= 6,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga lebar pelebaran yang dibutuhkan pada tikungan adalah **6,89 m**

4.7.3 Alinyemen Vertikal

Pada tahap perhitungan alinyemen vertikal ini hanya digunakan pada perhitungan ketika akan melewati jembatan karena pada dasarnya medan pada jalan ini adalah datar.

1. PV – 1

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= 4 + 475 \\
 \text{Elv. PVI} &= 4,941 \text{ m} \\
 V_r &= 50 \text{ km/jam} \\
 g_1 &= + 0,725 \% \\
 g_2 &= + 1,668 \% \\
 S \text{ (JPM)} &= 250 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= (g_1 - g_2) \\
 &= (0,725 \% - 1,668 \%) \\
 &= - 0,943 \% \text{ (Cekung)}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal

1. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang menyiap

a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times S^2}{120 + 3,5 S} \\
 &= \frac{0,943 \times 250^2}{120 + (3,5 \times 250)} \\
 &= 59,23 \text{ m} \dots\dots\dots \text{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \\ &= 2 \times 250 - \frac{120 + (3,5 \times 250)}{0,943} \\ &= -555 \text{ m(Memenuhi)} \end{aligned}$$

2. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang bebas di bawah jembatan

a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned} L &= \frac{A \times S^2}{3480} \\ &= \frac{0,943 \times 250^2}{3480} \\ &= 16,94 \text{ m(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S - \frac{3480}{A} \\ &= 2 \times 250 - \frac{3480}{0,943} \\ &= -3190 \text{ m(Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap drainase

$$\begin{aligned} L &\leq 50 \times A \\ &\leq 50 \times 0,943 \\ &= 47,15 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap kenyamanan

$$\begin{aligned} L &\geq 3 \text{ detik perjalanan terhadap } V_r \\ &\geq (V_r/3600) \times 1000 \times 3 \\ &\geq (50/3600) \times 1000 \times 3 \end{aligned}$$

$$= 41,67 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka panjang lengkung yang digunakan adalah $L = 47,15 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_v &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{0,943 \times 47,15}{800} \end{aligned}$$

$$= 0,056 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} X &= 1/4 \times L \\ &= 1/4 \times 47,15 \text{ m} \\ &= 11,788 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \frac{A \times X^2}{200 \times L} \\ &= \frac{0,943 \times 11,788^2}{200 \times 47,15} \end{aligned}$$

$$= 0,014 \text{ m}$$

Stasioning

- a. STA PLV = STA PVI – $1/2 \times L$
 $= 4 + 475 - 1/2 \times 47,15$
 $= 4 + 451,43$
- b. STA A = STA PVI – $1/4 \times L$
 $= 4 + 475 - 1/4 \times 47,15$
 $= 4 + 463,21$
- c. STA PVI = STA PVI
 $= 4 + 475$
- d. STA B = STA PVI + $1/4 \times L$
 $= 4 + 475 + 1/4 \times 47,15$

$$\begin{aligned}
 &= 4 + 486,79 \\
 \text{e. STA PTV} &= \text{STA PVI} + 1/2 \times L \\
 &= 4 + 475 + 1/2 \times 47,15 \\
 &= 4 + 498,58
 \end{aligned}$$

Elevasi

$$\begin{aligned}
 \text{a. Elv. PLV} &= \text{Elv. PVI} - 1/2 \times L \times g1 \\
 &= 4,941 \text{ m} - 1/2 \times 47,15 \times 0,725\% \\
 &= 4,770 \text{ m} \\
 \text{b. Elv. A} &= \text{Elv. PVI} - 1/4 \times L \times g1 + y \\
 &= 4,941 \text{ m} - 1/4 \times 47,15 \times 0,725\% + 0,014 \text{ m} \\
 &= 4,870 \text{ m} \\
 \text{c. Elv. PPV} &= \text{Elv. PVI} + E_v \\
 &= 4,941 \text{ m} + 0,056 \text{ m} \\
 &= 4,997 \text{ m} \\
 \text{d. Elv. B} &= \text{Elv. PVI} + 1/4 \times L \times g2 + y \\
 &= 4,941 \text{ m} + 1/4 \times 47,15 \times 1,668\% + 0,014 \text{ m} \\
 &= 5,152 \text{ m} \\
 \text{e. Elv. PTV} &= \text{Elv. PVI} - 1/2 \times L \times g2 \\
 &= 4,941 \text{ m} - 1/2 \times 47,15 \times 1,668\% \\
 &= 5,334 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. PV – 2

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= 4 + 625 \\
 \text{Elv. PVI} &= 5,267 \text{ m} \\
 V_r &= 50 \text{ km/jam} \\
 g1 &= - 2,488 \% \\
 g2 &= - 0,696 \% \\
 S \text{ (JPM)} &= 250 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= (g1 - g2) \\
 &= (- 2,488\% - (- 0,696 \%)) \\
 &= - 1,792 \% \text{ (Cekung)}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal

1. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang menyiap

- a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned} L &= \frac{A \times S^2}{120 + 3,5 S} \\ &= \frac{1,792 \times 250^2}{120 + (3,5 \times 250)} \\ &= 112,56 \text{ m(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

- b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \\ &= 2 \times 250 - \frac{120 + (3,5 \times 250)}{1,792} \\ &= -55 \text{ m(Memenuhi)} \end{aligned}$$

2. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang bebas di bawah jembatan

- a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned} L &= \frac{A \times S^2}{3480} \\ &= \frac{1,792 \times 250^2}{3480} \\ &= 32,18 \text{ m(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

- b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S - \frac{3480}{A} \\ &= 2 \times 250 - \frac{3480}{1,792} \\ &= -1442 \text{ m(Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap drainase

$$\begin{aligned} L &\leq 50 \times A \\ &\leq 50 \times 1,792 \\ &= 89,6 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap kenyamanan

$$\begin{aligned} L &\geq 3 \text{ detik perjalanan terhadap } V_r \\ &\geq (V_r/3600) \times 1000 \times 3 \\ &\geq (50/3600) \times 1000 \times 3 \\ &= 41,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka panjang lengkung yang digunakan adalah $L = 89,60 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_v &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{1,792 \times 112,20}{800} \\ &= 0,201 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 1/4 \times L \\ &= 1/4 \times 89,60 \text{ m} \\ &= 22,40 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \frac{A \times X^2}{200 \times L} \\ &= \frac{1,792 \times 28,05^2}{200 \times 112,20} \\ &= 0,050 \text{ m} \end{aligned}$$

Stasioning

- a. STA PLV = STA PVI - $1/2 \times L$
 $= 4 + 625 - 1/2 \times 89,60$
 $= 4 + 580,20$
- b. STA A = STA PVI - $1/4 \times L$
 $= 4 + 625 - 1/4 \times 89,60$
 $= 4 + 602,60$
- c. STA PVI = STA PVI
 $= 4 + 625$
- d. STA B = STA PVI + $1/4 \times L$
 $= 4 + 625 + 1/4 \times 89,60$
 $= 4 + 647,40$
- e. STA PTV = STA PVI + $1/2 \times L$
 $= 4 + 625 + 1/2 \times 89,60$
 $= 4 + 669,80$

Elevasi

- a. Elv. PLV = Elv. PVI - $1/2 \times L \times g1$
 $= 5,267 \text{ m} - 1/2 \times 89,60 \times 2,488\%$
 $= 6,382 \text{ m}$
- b. Elv. A = Elv. PVI - $1/4 \times L \times g1 + y$
 $= 5,267 \text{ m} - 1/4 \times 89,60 \times 2,488\% + 0,050 \text{ m}$
 $= 5,874 \text{ m}$
- c. Elv. PPV = Elv. PVI + Ev
 $= 5,267 \text{ m} + 0,201 \text{ m}$
 $= 5,468 \text{ m}$
- d. Elv. B = Elv. PVI + $1/4 \times L \times g2 + y$
 $= 5,267 \text{ m} + 1/4 \times 89,60 \times 0,696\% + 0,050 \text{ m}$
 $= 5,061 \text{ m}$
- e. Elv. PTV = Elv. PVI - $1/2 \times L \times g2$
 $= 5,267 \text{ m} - 1/2 \times 89,60 \times 0,696\%$
 $= 4,955 \text{ m}$

3. PV - 3

$$\text{STA} = 6 + 800$$

Elv. PVI	= 4,939 m
Vr	= 50 km/jam
g1	= + 0,718 %
g2	= + 2.195 %
S (JPM)	= 250 m

Perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= (g1 - g2) \\
 &= (0,718 \% - 2,195 \%) \\
 &= - 1,477 \% \text{ (Cekung)}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal

1. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang menyiap

- a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times S^2}{120 + 3,5 S} \\
 &= \frac{1,477 \times 250^2}{120 + (3,5 \times 250)} \\
 &= 92,78 \text{ m(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \\
 &= 2 \times 250 - \frac{120 + (3,5 \times 250)}{1,477} \\
 &= - 174 \text{ m(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

2. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang bebas di bawah jembatan

- a. Untuk ($S < L$)

$$L = \frac{A \times S^2}{3480}$$

$$= \frac{1,477 \times 250^2}{3480}$$

$$= 26,53 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{Tidak Memenuhi})$$

b. Untuk ($S > L$)

$$L = 2 \times S - \frac{3480}{A}$$

$$= 2 \times 250 - \frac{3480}{1,477}$$

$$= -1856 \text{ m} \dots\dots\dots(\text{Memenuhi})$$

3. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap drainase

$$\begin{aligned} L &\leq 50 \times A \\ &\leq 50 \times 1,477 \\ &= 73,85 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap kenyamanan

$$\begin{aligned} L &\geq 3 \text{ detik perjalanan terhadap } V_r \\ &\geq (V_r/3600) \times 1000 \times 3 \\ &\geq (50/3600) \times 1000 \times 3 \\ &= 41,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka panjang lengkung yang digunakan adalah $L = 73,85 \text{ m}$

$$E_v = \frac{A \times L}{800}$$

$$= \frac{1,477 \times 73,85}{800}$$

$$= 0,136 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 1/4 \times L \\
 &= 1/4 \times 73,85 \text{ m} \\
 &= 18,463 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{A \times X^2}{200 \times L} \\
 &= \frac{1,477 \times 18,463^2}{200 \times 73,85} \\
 &= 0,034 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Stasioning

$$\begin{aligned}
 \text{a. STA PLV} &= \text{STA PVI} - 1/2 \times L \\
 &= 6 + 800 - 1/2 \times 73,85 \\
 &= 6 + 763,08 \\
 \text{b. STA A} &= \text{STA PVI} - 1/4 \times L \\
 &= 6 + 800 - 1/4 \times 73,85 \\
 &= 6 + 781,54 \\
 \text{c. STA PVI} &= \text{STA PVI} \\
 &= 6 + 800 \\
 \text{d. STA B} &= \text{STA PVI} + 1/4 \times L \\
 &= 6 + 800 + 1/4 \times 73,85 \\
 &= 6 + 818,46 \\
 \text{e. STA PTV} &= \text{STA PVI} + 1/2 \times L \\
 &= 6 + 800 + 1/2 \times 73,85 \\
 &= 6 + 836,93
 \end{aligned}$$

Elevasi

$$\begin{aligned}
 \text{a. Elv. PLV} &= \text{Elv. PVI} - 1/2 \times L \times g1 \\
 &= 4,939 \text{ m} - 1/2 \times 73,85 \times 0,718\% \\
 &= 4,674 \text{ m} \\
 \text{b. Elv. A} &= \text{Elv. PVI} - 1/4 \times L \times g1 + y \\
 &= 4,939 \text{ m} - 1/4 \times 73,85 \times 0,718\% + 0,034 \text{ m} \\
 &= 4,840 \text{ m} \\
 \text{c. Elv. PPV} &= \text{Elv. PVI} + Ev \\
 &= 4,939 \text{ m} + 0,136 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,075 \text{ m} \\
 \text{d. Elv. B} &= \text{Elv. PVI} + 1/4 \times L \times g_2 + y \\
 &= 4,939 \text{ m} + 1/4 \times 73,85 \times 2,195\% + 0,034 \text{ m} \\
 &= 5,378 \text{ m} \\
 \text{e. Elv. PTV} &= \text{Elv. PVI} - 1/2 \times L \times g_2 \\
 &= 4,939 \text{ m} - 1/2 \times 73,85 \times 2,195\% \\
 &= 5,749 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. PV-4

$$\begin{aligned}
 \text{STA} &= 6 + 975 \\
 \text{Elv. PVI} &= 5,176 \text{ m} \\
 V_r &= 50 \text{ km/jam} \\
 g_1 &= - 2,441 \% \\
 g_2 &= - 1,662 \% \\
 S \text{ (JPM)} &= 250 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perbedaan kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= (g_1 - g_2) \\
 &= (- 2,441\% - (- 1,662 \%)) \\
 &= - 0,779 \% \text{ (Cekung)}
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal

1. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang menyiap

- a. Untuk ($S < L$)

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{A \times S^2}{120 + 3,5 S} \\
 &= \frac{0,779 \times 250^2}{120 + (3,5 \times 250)}
 \end{aligned}$$

$$= 48,93 \text{ m} \dots\dots\dots \text{(Tidak Memenuhi)}$$

- b. Untuk ($S > L$)

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S - \frac{120 + 3,5 S}{A} \\
 &= 2 \times 250 - \frac{120 + (3,5 \times 250)}{0,779}
 \end{aligned}$$

$$= -777,28 \text{ m(Memenuhi)}$$

2. Panjang lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang bebas di bawah jembatan

- a. Untuk ($S < L$)

$$L = \frac{A \times S^2}{3480}$$

$$= \frac{0,779 \times 250^2}{3480}$$

$$= 13,99 \text{ m(Tidak Memenuhi)}$$

- b. Untuk ($S > L$)

$$L = 2 \times S - \frac{3480}{A}$$

$$= 2 \times 250 - \frac{3480}{0,779}$$

$$= -3967 \text{ m(Memenuhi)}$$

3. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap drainase

$$\begin{aligned} L &\leq 50 \times A \\ &\leq 50 \times 0,779 \\ &= 38,95 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Panjang lengkung vertikal berdasarkan koreksi terhadap kenyamanan

$$\begin{aligned} L &\geq 3 \text{ detik perjalanan terhadap } V_r \\ &\geq (V_r/3600) \times 1000 \times 3 \\ &\geq (50/3600) \times 1000 \times 3 \\ &= 41,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka panjang lengkung yang digunakan adalah $L = 38,95 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 E_v &= \frac{A \times L}{800} \\
 &= \frac{0,779 \times 38,95}{800} \\
 &= 0,038 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X &= 1/4 \times L \\
 &= 1/4 \times 38,95 \text{ m} \\
 &= 9,738 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{A \times X^2}{200 \times L} \\
 &= \frac{0,779 \times 9,378^2}{200 \times 38,95} \\
 &= 0,009 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Stasioning

- a. STA PLV = STA PVI – $1/2 \times L$
 $= 6 + 975 - 1/2 \times 38,95$
 $= 6 + 955,53$
- b. STA A = STA PVI – $1/4 \times L$
 $= 6 + 975 - 1/4 \times 38,95$
 $= 6 + 965,26$
- c. STA PVI = STA PVI
 $= 6 + 975$
- d. STA B = STA PVI + $1/4 \times L$
 $= 6 + 975 + 1/4 \times 38,95$
 $= 6 + 984,74$
- e. STA PTV = STA PVI + $1/2 \times L$
 $= 6 + 975 + 1/2 \times 38,95$
 $= 6 + 994,48$

Elevasi

- a. Elv. PLV = Elv. PVI – $\frac{1}{2} \times L \times g1$
 = 5,176 m – $\frac{1}{2} \times 38,95 \times 2,441\%$
 = 5,651 m
- b. Elv. A = Elv. PVI – $\frac{1}{4} \times L \times g1 + y$
 = 5,176 m – $\frac{1}{4} \times 38,95 \times 2,441\% + 0,009$ m
 = 5,423 m
- c. Elv. PPV = Elv. PVI + Ev
 = 5,176 m + 0,038 m
 = 5,214 m
- d. Elv. B = Elv. PVI + $\frac{1}{4} \times L \times g2 + y$
 = 5,176 m + $\frac{1}{4} \times 38,95 \times 1,662\% + 0,009$ m
 = 5,005 m
- e. Elv. PTV = Elv. PVI – $\frac{1}{2} \times L \times g2$
 = 5,176 m – $\frac{1}{2} \times 38,95 \times 1,662\%$
 = 4,852 m

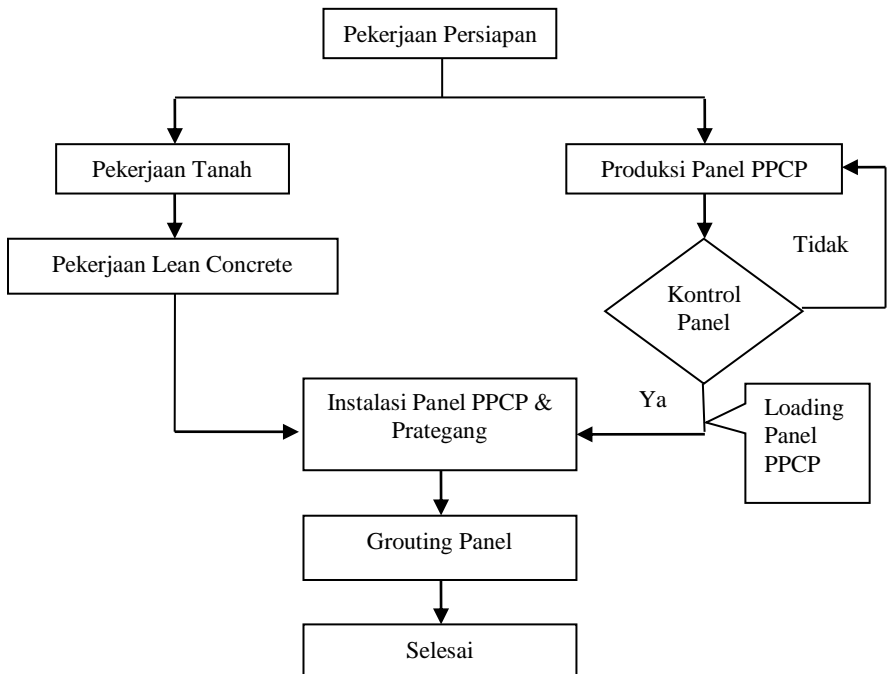
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

METODE PELAKSANAAN DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1 Metode Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pekerasan jalan beton metode PPCP (*Precast Prestress Concrete Pavement*) memiliki beberapa tahapan – tahapan pekerjaan. Alur tahapan pekerjaan dalam proses mulai tahap persiapan, produksi dan sampai tahap pemasangan di lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Alur Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Jalan Dengan Metode PPCP

1. Produksi Panel PPCP

Pada tahap produksi panel PPCP ada pun tahap – tahap dalam pelaksanaannya, yaitu :

a. Setting Mould (Cetakan)

Proses setting mould (cetakan) sesuai dengan dimensi panel yaitu 3,5 m x 12 m dan 3,5 m x 9,5 m. Cetakan harus dilakukan kontrol dimensi pada tegak lurusnya cetakan, sudut cetakan dan jarak diagonal cetakan, jarak longitudinal dan transversal cetakan. Di pastikan dalam tahap kontrol ini cetakan sesuai dengan ukuran yang direncanakan dan terukur dengan baik. Setelah semuanya diukur dengan baik maka pada mould (cetakan) pada semua lapisan permukaan bawah dan samping yang terkena beton harus dilapisi oli secara merata.



Gambar 5.2 Pemasangan Mould (Cetakan)

Sumber : PT. Adhi Karya, 2010

b. Pemasangan Pembesian dan Install Duct Post-tension

Pembesian di pasang pada 2 layer dengan diameter 10 mm dipasang sejarak 125 mm pada setiap panel beton dan pemasangan titik angkat panel dengan tulangan diameter 10 mm berjumlah 8 titik angkat sejarak sesuai gambar

rencana. Install duct post-tension di pasang pada ukuran 3,5 m x 12 m adalah 24 buah per panel dan 3,5 x 9,5 m adalah 10 unit per panel yang di pasang pada arah melintang. Ducting dipasang sejarak 116,67 mm dari permukaan beton dan di pasang lurus. Pada kelurusan ducting ini harus dikontrol agar tidak menimbulkan lengkungan yang mengakibatkan gesekan pada kabel strand.



Gambar 5.3 Install Pembesian dan Duct Post-tension
Sumber : PT. Adhi Karya, 2010

c. Pengecoran Beton

Setelah pemasangan pembesian dan install duct post-tension selesai di lakukan dan dikontrol. Maka tahap selanjutnya adalah dilakukan pengecoran beton. Pada pekerjaan beton ini digunakan beton ready mix dengan mutu beton K-500 ($f'_c = 41,5$ MPa) dengan slump ± 12 cm. Beton dituang pada cetakan yang sudah tersedia dan dilakukan penuangan sesuai dengan prosedur penuangan yaitu maximum setinggi 2 m dan dilakukan penuangan rata sesuai tinggi pelat beton yaitu 200 mm. Setelah pengecoran selesai dilakukan pembuatan grofing pada pelat beton pracetak tersebut arah melintang panel. Grofing tersebut dibuat dengan ukuran 3 mm x 3 mm. Beton harus

dilakukan kontrol dengan membuat benda uji slinder beton sebanyak 12 buah pada tiap 1 pengadukan dari batching plant. Agar mengetahui campuran tersebut apakah sesuai dengan mutu beton rencana atau tidak pada umur 3 hari pada saat pengangkatan dan umur 14 hari pada saat dilakukan stressing.



Gambar 5.4 Pengecoran Beton dan Grofing Permukaan Beton
Sumber : PT. Adhi Karya, 2010

2. Pekerjaan Tanah

Pada pekerjaan tanah dilakukan persyaratan perencanaan jika pada jalan tersebut memiliki tanah dasar dengan CBR yang relatif kecil dari persyaratan perencanaan yaitu minimum CBR 6% maka diperlukan perbaikan pada tanah dasar tersebut dengan menambah tanah atau timbunan tanah dengan tinggi tertentu yang kemudian dipadatkan sehingga memiliki nilai CBR sesuai dengan perencanaan. Pada pekerjaan timbunan tanah dilakukan dengan penghamparan terlebih dahulu pada area yang akan di padatkan. Kemudian menggunakan alat bantu seperti Tandem Vibratory Rollers atau sejenisnya yang digunakan untuk memadatkan tanah sampai kepadatan yang ditentukan. Setelah pemadatan tersebut kemudian dilakukan kontrol elevasi apakah sesuai dengan elevasi pada perencanaan

atau tidak dengan menggunakan alat bantu ukur tembak yaitu Total Station (TS) dan sejenisnya.



Gambar 5.5 Pekerjaan Tanah (Sub base)

Sumber :M.Chang, 2004

3. Pekerjaan Lean Concrete

Lean concrete atau beton kurus ini merupakan sebagai pondasi bawah dan lantai kerja. Sebelum dilakukannya pekerjaan ini di harapkan area yang dikerjakan bersih dari kotoran dan terbebas dari genangan air. Kuat tekan rencana (f_c') untuk beton kurus ini sekitar (8 – 11) MPa pada umur 28 hari. Pekerjaan ini diawali dengan pembuatan cetakan atau bekisting untuk wadah beton kurus tersebut sesuai dengan ukuran yang direncanakan. Kemudian proses survey elevasi yang awalnya diambil pada timbunan tanah sebelumnya dan diukur untuk mengetahui elevasi top lean concrete dengan melihat ketebalan sesuai gambar rencana pekerjaan kemudian disesuaikan pada kondisi di lapangan. Setelah semuanya dilakukan selanjutnya pengecoran beton kurus atau lean concrete bisa dilakukan sesuai dengan mutu rencana. Kemudian dilakukan perawatan selama 3 hari menggunakan curing compound yang setara dengan curing air selama 14 hari agar suhu tersebut dapat terjaga sampai umur rencana.

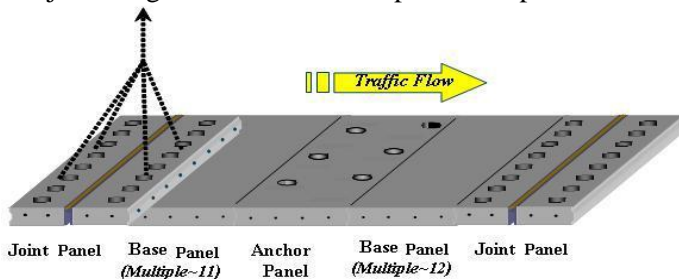


Gambar 5.6 Pekerjaan Lean Concrete (LC)

Sumber : M.Chang, 2004

4. Instalasi Panel PPCP dan Prategang

Perakitan atau instalasi panel beton metode PPCP ini adalah penggabungan konfigurasi beberapa panel yaitu Central Panel (panel pusat), Base Panel (panel dasar) dan Joint Panel (panel penghubung) menjadi dalam satu segmen dengan panjang tertentu. Instalasi ini dimulai dari panel dasar yang ditempatkan pada beberapa segmen dan diikuti dengan panel pusat yang kemudian di kunci dengan joint panel sehingga menjadi 1 segmen. Ilustrasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Ilustrasi Instalasi Panel PPCP Dalam Satu Segmen

Sumber : FHWA, 2000

Pada instalasi panel diatas adapun proses tahapan pekerjaan sehingga dapat menjadi satu segmen adalah sebagai berikut :

a. Pemasangan Lembar Polyethylene (Plastik)

Pada pemasangan lembaran plastik ini untuk mengurangi friksi dan sebagai membran untuk di pasang menutupi lapis pondasi bawah. Pada pemasangan ini sebelum pelastik di gelar Lean Concrete yang dibawahnya harus dibersihkan terlebih dahulu dan ketika lembaran plastik sudah di gelar maka harus dipaku dengan paku berkepala lebar di posisi tepi lembaran atau diluar rencana pemasangan panel agar lembaran tersebut kokoh dan tidak mudah tergulung, kusut atau pun tertiup angin. Pada sambungan plastik ini secara tumpang-tindih (overlap) minimal dengan jarak 30 cm. Pada lembaran tersebut tidak di perbolehkan ada genangan air pada saat panel beton di pasang karena akan mengakibatkan terjadinya pumping.



Gambar 5.8 Pemasangan Lembar Polyethylene (Plastik)

Sumber :M.Chang, 2004

b. Unloading Panel

Penurunan panel dilakukan dengan menggunakan mobil crane berkapasitas 35 T. pada proses ini yang selanjutnya panel akan diletakan pada posisi sesuai dengan rencana pada instalasi panel tersebut. Sebelum panel diturunkan diusahakan terlebih

dahulu lembaran plastik yang sudah terpasang tidak tergulung atau tidak rata. Kemudian panel beton dapat diturunkan dan dipasang pada area yang sudah disiapkan.



Gambar 5.9 Unloading Panel

Sumber :M.Chang, 2004

c. Epoxy Panel

Epoxy panel digunakan untuk merekatkan dan memperkuat sambungan antara bagian male dengan female sehingga menjadi sambungan yang kuat. Epoxy menggunakan Epoxy Type I, Grade 3 Class B + C. sebelum proses epoxy, kabel strand dimasukkan terlebih dahulu kedalam lubang- lubang panel. Kemudian pada area sambungan panel seperti bagian male dan female panel dilakukan proses epoxy untuk merekatkan sambungan yang lebih kuat. Setelah itu, antar panel tersebut dikunci sementara dengan Turn buckle sehingga sambungan panel dapat rata dan lurus.



Gambar 5.10 Proses Epoxy Pada Sambungan Panel
Sumber :M.Chang, 2004



Gambar 5.11 Pemasangan Turn Buckle Pengunci Panel
 Sementara
Sumber :M.Chang, 2004

d. Prategang (Stressing)

Perlakuan prategang pada panel di lakukan pada arah memanjang (longitudinal) ketika panel sudah terpasang menjadi dalam satu segmen yang diberi gaya prategang. Setelah tendon post-tension dimasukkan ke dalam saluran melalui kantong pada panel pusat yang kemudian didorong dan ditarik melalui saluran ke pegas atau jangkar yang

terkunci kantong yang terdapat pada joint panel. Kemudian pada posisi pusat panel dilakukan proses stressing atau prategang menuju pusat segmen tersebut dengan menggunakan mesin Mono jack dengan gaya tertentu.



Gambar 5.12 Proses Pemberian Prategang (*Stressing*)

Sumber :M.Chang, 2004

5. Grouting

Grouting dilakukan pada awalnya ketika panel tersambung menjadi 1 segmen dan post-tension selesai dilakukan. Setelah itu di pasang angkur di dalam kantong slot stressing atau prategang yang dipasang melintang sesuai slot tersebut dan ditanamkan melalui lubang bor dengan sela-sela hasil bor di grouting. Pada area rongga atau saluran prestress diisi dengan grouting pada masing – masing panel dan karena adanya prategang maka akan mengakibatkan naiknya panel keatas sehingga dilakukan penanaman angkur tersebut yang kemudian di lakukan grouting menggunakan grouting pump agar bisa masuk ke sela-sela bawah panel sehingga setelah dilakukan grouting panel tersebut menjadi rata dan mulus. Pada strand atau tendon prategang di lakukan penyuntikan grouting yang berguna untuk menjaga agar prategang yang sudah dilakukan dalam waktu yang cukup lama tidak akan

berkurang sesuai dengan desain dan berguna untuk anti korosi atau kedap air ketika terkena air.



Gambar 5.13 Proses Grouting Pada Saluran Post-Tension
Sumber :M.Chang, 2004



Gambar 5.14 Proses Grouting Pada Rongga atau Kantong Prategang
Sumber :M.Chang, 2004

5.2 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perhitungan rencana anggaran biaya ini digunakan untuk mengetahui besaran atau jumlah nilai biaya yang dikeluarkan dalam membangun atau mendirikan konstruksi bangunan yang direncanakan.

5.2.1 Volume Pekerjaan

1. Pekerjaan Persiapan

a. Pembersihan lapangan

Satuan pekerjaan (m^2)

- STA 3 + 225 – 4 + 450

Panjang jalan = 1225 m

Lebar jalan = 12 m

Volume = $1225 \times 12 = 14700 \text{ m}^2$

- STA 4 + 625 – 6 + 775

Panjang jalan = 2150 m

Lebar jalan = 19 m

Volume = $2150 \times 19 = 40850 \text{ m}^2$

- STA 7 + 050 – 7 + 190

Panjang jalan = 140 m

Lebar jalan = 12 m

Volume = $140 \times 12 = 1680 \text{ m}^2$

Volume total = $14700 + 40850 + 1680$
 $= 57230 \text{ m}^2$

2. Pekerjaan Tanah

a. Galian Tanah Dasar

Satuan pekerjaan (m^3)

- STA 3 + 225 – 4 + 450

Luasan = $16,73 \text{ m}^2$

Lebar jalan = 12 m

Volume = $16,73 \times 12 = 200,73 \text{ m}^3$

- STA 4 + 625 – 6 + 775

Luasan = $473,16 \text{ m}^2$

Lebar jalan = 19 m

Volume = $473,16 \times 19 = 8990,12 \text{ m}^3$

- STA 7 + 050 – 7 + 190
 - Luasan = 7,34 m²
 - Lebar jalan = 12 m
 - Volume = 7,34 x 12 = 88,08 m³

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 200,73 + 8990,12 + 88,08 \\ &= 9278,94 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Lapis Pondasi Agregat Kelas A t=150 mm

Satuan pekerjaan (m³)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
 - Panjang jalan = 1225 m
 - Lebar jalan = 12 m
 - Tinggi = 0,15 m
 - Volume = 1225 x 12 x 0,15 = 2205 m³
- STA 4 + 625 – 6 + 775
 - Panjang jalan = 2150 m
 - Lebar jalan = 19 m
 - Tinggi = 0,15 m
 - Volume = 2150 x 19 x 0,15 = 6127,5 m³
- STA 7 + 050 – 7 + 190
 - Panjang jalan = 140 m
 - Lebar jalan = 12 m
 - Tinggi = 0,15 m
 - Volume = 140 x 12 x 0,15 = 252 m³

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 2205 + 6127,5 + 252 + 1494,61 + \\ &\quad 2399,72 + 128,31 \\ &= 12607,14 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Pekerjaan Pondasi

a. Lapis Lean-Mix Concrete t=150 mm

Satuan pekerjaan (m³)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
 - Panjang jalan = 1225 m
 - Lebar jalan = 12 m

$$\begin{aligned}
 & \text{Tinggi} &= 0,15 \text{ m} \\
 & \text{Volume} &= 1225 \times 12 \times 0,15 = 2205 \text{ m}^3 \\
 - & \text{STA } 4 + 625 - 6 + 775 \\
 & \text{Panjang jalan} &= 2150 \text{ m} \\
 & \text{Lebar jalan} &= 19 \text{ m} \\
 & \text{Tinggi} &= 0,15 \text{ m} \\
 & \text{Volume} &= 2150 \times 19 \times 0,15 = 6127,5 \text{ m}^3 \\
 - & \text{STA } 7 + 050 - 7 + 190 \\
 & \text{Panjang jalan} &= 140 \text{ m} \\
 & \text{Lebar jalan} &= 12 \text{ m} \\
 & \text{Tinggi} &= 0,15 \text{ m} \\
 & \text{Volume} &= 140 \times 12 \times 0,15 = 252 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Volume total} &= 2205 + 6127,5 + 252 \\
 &= 8584,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Panel Beton PPCP

- a. Base Panel (3,5 x 12) m
Satuan pekerjaan (unit)
- $$\begin{aligned}
 - & \text{STA } 3 + 225 - 4 + 450 \\
 & \text{Volume} &= 333 \text{ unit} \\
 - & \text{STA } 7 + 050 - 7 + 190 \\
 & \text{Volume} &= 38 \text{ unit} \\
 \\
 \text{Volume total} &= 333 + 38 \\
 &= 371 \text{ unit}
 \end{aligned}$$
- b. Base Panel (3,5 x 9,5) m
Satuan pekerjaan (unit)
- $$\begin{aligned}
 - & \text{STA } 4 + 625 - 6 + 775 \\
 & \text{Volume} &= 1168 \text{ unit} \\
 \\
 \text{Volume total} &= 1168 \text{ unit}
 \end{aligned}$$
- c. Central Panel (3,5 x 12) m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
Volume = 9 unit
- STA 7 + 050 – 7 + 190
Volume = 1 unit

Volume total = 9 + 1
= 10 unit

- d. Central Panel (3,5 x 9,5) m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 4 + 625 – 6 + 775
Volume = 15 unit

Volume total = 15 unit

- e. Joint Panel (3,5 x 12) m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
Volume = 9 unit
- STA 7 + 050 – 7 + 190
Volume = 1 unit

Volume total = 9 + 1
= 10 unit

- f. Joint Panel (3,5 x 9,5) m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 4 + 625 – 6 + 775
Volume = 15 unit

Volume total = 15 unit

- g. Install Panel
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
Volume = 351 unit
- STA 4 + 625 – 6 + 775
Volume = 1198 unit
- STA 7 + 050 – 7 + 190
Volume = 40 unit

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 351 + 1198 + 40 \\ &= 1589 \text{ unit}\end{aligned}$$

h. Stressing Panel Longitudinal 70 m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
Volume = 216 unit
- STA 4 + 625 – 6 + 775
Volume = 1140 unit
- STA 7 + 050 – 7 + 190
Volume = 24 unit

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 216 + 1140 + 24 \\ &= 1380 \text{ unit}\end{aligned}$$

i. Grouting Kabel Stressing 70 m
Satuan pekerjaan (unit)

- STA 3 + 225 – 4 + 450
Volume = 216 unit
- STA 4 + 625 – 6 + 775
Volume = 1140 unit
- STA 7 + 050 – 7 + 190
Volume = 24 unit

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= 216 + 1140 + 24 \\ &= 1380 \text{ unit}\end{aligned}$$

j. Angkur Tanam

Satuan pekerjaan (unit)

$$\text{- STA 3 + 225 - 4 + 450}$$

$$\text{Volume} = 432 \text{ unit}$$

$$\text{- STA 4 + 625 - 6 + 775}$$

$$\text{Volume} = 1140 \text{ unit}$$

$$\text{- STA 7 + 050 - 7 + 190}$$

$$\text{Volume} = 48 \text{ unit}$$

$$\text{Volume total} = 432 + 1140 + 48$$

$$= 1620 \text{ unit}$$

k. Grouting Lubang Stressing

Satuan pekerjaan (m^3)

$$\text{- STA 3 + 225 - 4 + 450}$$

$$\text{Volume} = 19,01 \text{ m}^3$$

$$\text{- STA 4 + 625 - 6 + 775}$$

$$\text{Volume} = 50,16 \text{ m}^3$$

$$\text{- STA 7 + 050 - 7 + 190}$$

$$\text{Volume} = 2,11 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 19,01 + 50,16 + 2,11$$

$$= 71,28 \text{ m}^3$$

5. Pekerjaan Tulangan Sambungan

a. Tulangan Ulir Tie bar $\varnothing 16\text{mm}$ -700mm

Satuan pekerjaan (kg)

$$\text{- STA 4 + 625 - 6 + 775}$$

$$\text{Panjang} = 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Berat} = 1,58 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jumlah} = 2868 \text{ buah}$$

$$\text{Volume} = 1,58 \times 0,7 \times 2868$$

$$= 3168,67 \text{ kg}$$

$$\text{Volume total} = 3168,67 \text{ kg}$$

b. Tulangan Polos Dowel Ø13mm -500mm

Satuan pekerjaan (kg)

- STA 3 + 225 – 4 +450

Panjang = 0,5 m

Berat = 6,71 kg/m

Jumlah = 250 buah

Volume = 6,71 x 0,5 x 250

= 839,26 kg

- STA 4 + 625 – 6 +775

Panjang = 0,5 m

Berat = 6,71 kg/m

Jumlah = 624 buah

Volume = 6,71 x 0,5 x 624

= 2094,80 kg

- STA 7 + 050 – 7 +190

Panjang = 0,5 m

Berat = 50 kg/m

Jumlah = 250 buah

Volume = 6,71 x 0,5 x 50

= 167,85 kg

Volume total = 839,26 + 2094,80 + 167,85

= 3101,91 kg

5.2.2 Harga Satuan Pekerjaan

Untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan untuk menentukan jumlah total biaya yang dibutuhkan maka harus ada daftar harga satuan upah dan bahan yang kemudian dilakukan analisa harga satuan pekerjaan yang sesuai dengan item pekerjaan.

Tabel 5.1 Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan

No.	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN	
A	<u>UPAH TENAGA KERJA</u>			
1	Pekerja	OH	Rp	80,000.00
2	Tukang	OH	Rp	90,000.00
3	Kepala Tukang	OH	Rp	100,000.00
4	Mandor	OH	Rp	110,000.00
5	Pekerja Stressing	titik	Rp	150,000.00
B	<u>SEWA ALAT</u>			
1	Motor Grader 125 - 140 pk	jam	Rp	292,700.00
2	Vibro Compactor	jam	Rp	143,700.00
3	Dump Truck 5 Ton	jam	Rp	69,200.00
4	Water Tanker	jam	Rp	91,500.00
5	Concrete Mixer	jam	Rp	46,700.00
6	Concrete Vibrator	jam	Rp	30,000.00
7	Mobile Crane 35 Ton	jam	Rp	265,000.00
8	Escavator 6 m3	jam	Rp	138,400.00
9	Turn buckle	jam	Rp	25,000.00
10	Air Compressor	jam	Rp	68,625.00
11	Pump grouting	jam	Rp	98,600.00
12	Alat bantu	ls	Rp	3,000.00
C	<u>MATERIAL</u>			
	<u>BAHAN BETON & TANAH URUGAN</u>			
1	Semen (PC) 50 KG	zak	Rp	62,500.00
2	Semen Grouting 25 KG	zak	Rp	200,000.00
3	Epoxy	kg	Rp	70,000.00
4	Cebex 100 ex. Fosroc	ltr	Rp	125,000.00

5	Pasir cor/beton	m3	Rp 200,000.00
6	Batu split 1/2 (beton)	m3	Rp 280,000.00
7	Urugan Agregat Kelas A	m3	Rp 165,000.00
	BAHAN PEMBESIAN		
1	Besi BJTD-39	kg	Rp 12,500.00
2	Besi BJTP-24	kg	Rp 12,500.00
3	Duct/Selongsong Galvanis	m'	Rp 132,500.00
4	Kabel strand 0,5"	kg	Rp 12,500.00
5	Angkur hidup	bh	Rp 190,158.00
	BAHAN KAYU		
1	Kayu Meranti	m3	Rp 3,350,400.00
	LAIN-LAIN		
1	Paku usuk	kg	Rp 19,800.00
2	Air	ltr	Rp 150.00
3	Kawat bendrat	kg	Rp 14,000.00
4	Minyak begisting	ltr	Rp 80,000.00
5	Sloar/BBM	ltr	Rp 7,000.00
6	Lembaran Plastik	m2	Rp 1,000.00
7	Material bantu	ls	Rp 1,500.00

1. Pekerjaan Persiapan

Tabel 5.2 Analisa HSPK Pembersihan Lapangan

1	<i>1 m2 – Pembersihan Lapangan</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.0500	80,000.00	4,000.00	
	- Mandor	OH	0.0250	110,000.00	2,750.00	Rp. 6,750.00
	<i>1 m2 - Pembersihan</i>				Total	Rp. 6,750.00

Sumber : Jatmiko, 2011

2. Pekerjaan Tanah

Tabel 5.3 HSPK Galian Tanah Dasar

1	<i>1m3 - Galian tanah dasar</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.2260	80,000.00	18,080.00	
	- Mandor	OH	0.0070	110,000.00	770.00	Rp. 18,850.00
	b. Sewa Alat :					

	- Dump Truck 5 Ton	jam	0.0670	69,200.00	4,636.40	
	- Excavator 6m3	jam	0.0670	138,400.00	9,272.80	Rp. 13,909.20
	<i>1 m3 - Galian tanah dasar</i>				Total	Rp. 32,759.20

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.4 Analisa HSPK Lapis Pondasi Agregat Kelas A

2	<i>1m3 - Lapis Pondasi Agregat Kelas A</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Agregat Kelas A	m3	1.2000	165,000.00	198,000.00	
	- Solar/BBM	ltr	0.6250	7,000.00	4,375.00	Rp. 202,375.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.3000	80,000.00	24,000.00	
	- Mandor	OH	0.0100	110,000.00	1,100.00	Rp. 25,100.00
	c. Sewa Alat :					
	- Motor Grader 125 - 140 pk	jam	0.0880	292,700.00	25,757.60	
	- Vibro Compactor	jam	0.1200	143,700.00	17,244.00	
	- Dump Truck 5 Ton	jam	0.0880	69,200.00	6,089.60	

	- Water Tanker	hari	0.0120	91,500.00	1,098.00	Rp. 50,189.20
	<i>1 m³ - Lapis Pondasi Agregat Kelas A</i>				Total	Rp. 277,664.20

Sumber : Jatmikanto, 2011

3. Pekerjaan Pondasi

Tabel 5.5 Analisa HSPK Lapis Pondasi Lean-Mix Concrete

1	<i>1m³ - Lapis Lean-Mix Concrete</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Semen PC 50 Kg	zak	6.1500	62,500.00	384,375.00	
	- Pasir Cor	m ³	0.4806	200,000.00	96,125.00	
	- Batu Pecah 1/2 cm	m ³	0.5416	280,000.00	151,642.09	
	- Air Kerja	liter	215	150.00	32,250.00	Rp. 664,392.09
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	1.6500	80,000.00	132,000.00	
	- Tukang	OH	0.2750	90,000.00	24,750.00	
	- Kepala Tukang	OH	0.0280	100,000.00	2,800.00	
	- Mandor	OH	0.0830	110,000.00	9,130.00	Rp.168,680.00

	c. Sewa Alat :					
	- Water Tanker	jam	0.0542	91,500.00	4,959.30	
	- Concrete Mixer	jam	0.4819	46,700.00	22,504.73	
	- Concrete Vibrator	jam	0.2410	30,000.00	7,228.50	
	- Alat bantu	ls	1	3,000.00	3,000.00	Rp. 37,692.53
	<i>1 m³ - Lapis Lean-Mix Concrete</i>				Total	Rp. 870,764.62

Sumber : Jatmikanto, 2011

4. Pekerjaan Panel Beton PPCP

Tabel 5.6 Analisa HSPK Pembesian Beton, Besi BJTP-24

1	1kg - Pembesian Beton, Besi BJTP-24	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Besi beton polos / Besi BJTP-24	kg	1.0500	12,500.00	13,125.00	
	- Bendrat	kg	0.0150	14,000.00	210.00	Rp. 13,335.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.0070	80,000.00	560.00	
	- Tukang	OH	0.0070	90,000.00	630.00	

	- Kepala tukang	OH	0.0007	100,000.00	70.00	
	- Mandor	OH	0.0004	110,000.00	44.00	Rp. 1,304.00
	<i>1 kg - Pembesian Beton, Besi BJTP-24</i>				Total	Rp. 14,639.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.7 Analisa HSPK Pembesian Beton, Besi BJTP-39

2	<i>1kg - Pembesian Beton, Besi BJTP-39</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Besi beton ulir / Besi BJTP-39	kg	1.0500	12,500.00	13,125.00	
	- Bendrat	kg	0.0150	14,000.00	210.00	Rp. 13,335.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.0070	80,000.00	560.00	
	- Tukang	OH	0.0070	90,000.00	630.00	
	- Kepala tukang	OH	0.0007	100,000.00	70.00	
	- Mandor	OH	0.0004	110,000.00	44.00	Rp. 1,304.00
	<i>1 kg - Pembesian Beton, Besi BJTP-39</i>				Total	Rp. 14,639.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.8 Analisa HSPK Bekisting

3	<i>1m2 - Bekisting (3x Pakai)</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Kayu acuan (meranti)	m3	0.0150	3,350,400.00	50,256.00	
	- Paku	kg	0.3000	19,800.00	5,940.00	
	- Minyak bekisting	ltr	0.1000	80,000.00	8,000.00	Rp. 64,196.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.5200	80,000.00	41,600.00	
	- Tukang	OH	0.2600	90,000.00	23,400.00	
	- Kepala tukang	OH	0.0260	100,000.00	2,600.00	
	- Mandor	OH	0.0260	110,000.00	2,860.00	Rp. 70,460.00
	<i>1 m2 - Bekisting (3x Pakai)</i>				Total	Rp. 134,656.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.9 Analisa HSPK Campuran Beton K-500

4	<i>1m3 - Campuran beton K-500</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Semen / PC (50 kg)	zak	12.0000	62,500.00	750,000.00	

	- Pasir beton	m3	0.4169	200,000.00	83,375.00	
	- Koral beton 1/2 cm	m3	0.5263	280,000.00	147,368.42	
	- Air	ltr	215	150.00	32,250.00	Rp. 1,012,993.42
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	2.1000	80,000.00	168,000.00	
	- Tukang	OH	0.3500	90,000.00	31,500.00	
	- Kepala tukang	OH	0.0350	100,000.00	3,500.00	
	- Mandor	OH	0.1050	110,000.00	11,550.00	Rp. 214,550.00
	<i>1 m3 - Campuran beton K-500</i>				Total	Rp. 1,227,543.42

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.10 Analisa HSPK Base Panel (3,5 x 12) m

5	<i>1 unit - Base Panel (3,5 x 12 m)</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Beton K-500	m3	8.4000	1,227,543.42	10,311,364.76	
	- Pembesian Ø10 mm	kg	828.63	14,639.00	12,130,263.02	
	- Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	

	- Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 22,959,240.18
	<i>1 unit - Base Panel (3,5 x 12 m)</i>				Total	Rp 22,959,240.18

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.11 Analisa HSPK Base Panel (3,5 x 9,5) m

6	<i>1unit - Base Panel (3,5 x 9,5 m)</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Beton K-500	m3	6.6500	1,227,543.42	8,163,163.77	
	- Pembesian Ø10 mm	kg	656.00	14,639.00	9,603,124.89	
	- Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	
	- Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 18,283,901.06
	<i>1 unit - Base Panel (3,5 x 9,5 m)</i>				Total	Rp. 18,283,901.06

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.12 Analisa HSPK Central Panel (3,5 x 12) m

7	<i>1unit - Central Panel (3,5 x 12 m)</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Beton K-500	m3	7.2480	1,227,543.42	8,897,234.74	

-	Pembesian Ø10 mm	kg	828.63	14,639.00	12,130,263.02	
-	Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	
-	Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 21,545,110.15
<i>1 unit - Central Panel (3,5 x 12 m)</i>					Total	Rp. 21,545,110.15

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.13 Analisa HSPK Central Panel (3,5 x 9,5) m

8	<i>1 unit - Central Panel (3,5 x 9,5 m)</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	<i>a. Bahan :</i>					
	- Beton K-500	m3	5.7860	1,227,543.42	7,102,566.25	
	- Pembesian Ø10 mm	kg	656.00	14,639.00	9,603,124.89	
	- Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	
	- Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 17,223,303.54
	<i>1 unit - Central Panel (3,5 x 9,5 m)</i>				Total	Rp. 17,223,303.54

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.14 Analisa HSPK Joint Panel (3,5 x 12) m

9	1 unit - Joint Panel Panel (3,5 x 12 m)	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Beton K-500	m3	7.4400	1,227,543.42	9,132,923.07	
	- Pembesian Ø10 mm	kg	828.63	14,639.00	12,130,263.02	
	- Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	
	- Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 21,780,798.49
	<i>1 unit - Joint Panel Panel (3,5 x 12 m)</i>				Total	Rp. 21,780,798.49

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.15 Analisa HSPK Joint Panel (3,5 x 9,5) m

10	1 unit - Joint Panel (3,5 x 9,5 m)	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Beton K-500	m3	5.9300	1,227,543.42	7,279,332.50	
	- Pembesian Ø10 mm	kg	656.00	14,639.00	9,603,124.89	
	- Bekisitng	m2	0.4000	134,656.00	53,862.40	

	- Duct/Selongsong	m'	3.5000	132,500.00	463,750.00	Rp. 17,400,069.79
	<i>1 unit - Joint Panel (3,5 x 9,5 m)</i>				Total	Rp. 17,400,069.79

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.16 Analisa HSPK Install Panel

11	<i>1unit - Install panel</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	<i>a. Bahan :</i>					
	- Epoxy	kg	2.5000	70,000.00	175,000.00	
	- Lembaran plastik	m2	19.3750	1,000.00	19,375.00	
	- Solar/BBm	ltr	0.1333	7,000.00	933.10	
	- Material bantu	ls	1	1,500.00	1,500.00	Rp. 196,808.10
	<i>b. Tenaga :</i>					
	- Pekerja	OH	0.0330	80,000.00	2,640.00	
	- Tukang	OH	0.0670	90,000.00	6,030.00	
	- Mandor	OH	0.2330	110,000.00	25,630.00	Rp. 34,300.00
	<i>c. Sewa Alat :</i>					
	- Mobile Crane 35 Ton	jam	0.3330	265,000.00	88,245.00	
	- Turn buckle	jam	0.3330	25,000.00	8,325.00	

	- Air Compressor	jam	0.2960	68,625.00	20,313.00	
	- Alat bantu	ls	1	3,000.00	3,000.00	Rp. 119,883.00
	<i>1 unit - Install panel</i>				Total	Rp. 350,991.10

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.17 Analisa HSPK Stressing Panel 70 m

12	<i>1unit - Stressing panel 70 m</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Kabel Strand 0,5"	kg	139.2179	12,500.00	1,740,223.50	
	- Angkur hidup mono 0,5"	bh	2.0000	190,158.00	380,316.00	Rp. 2,120,539.50
	b. Tenaga :					
	- Pekerja Stressing mono jack	titik	2.0000	150,000.00	300,000.00	Rp. 300,000.00
	<i>1 unit - Stressing panel 70 m</i>				Total	Rp. 2,420,539.50

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.18 Analisa HSPK Grouting Kabel Stressing 70 m

13	<i>1unit - Grouting kabel stressing 70 m</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Semen PC 50kg	zak	3.0000	62,500.00	187,500.00	
	- Cebex 100 ex. Fosroc	ltr	0.1500	125,000.00	18,750.00	
	- Solar/BBm	ltr	1.0000	7,000.00	7,000.00	Rp. 213,250.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.3000	80,000.00	24,000.00	
	- Mandor	OH	0.1000	110,000.00	11,000.00	Rp. 35,000.00
	c. Sewa Alat :					
	- Pump grouting	jam	0.0800	98,600.00	7,888.00	Rp. 7,888.00
	<i>1 unit - Grouting kabel stressing 70 m</i>				Total	Rp. 256,138.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.19 Analisa HSPK Grouting Lubang Stressing

14	<i>1m3 - Grouting lubang stressing</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Semen Grouting 25kg Ex. Sika	zak	15.0000	200,000.00	3,000,000.00	
	- Air kerja	ltr	120	150.00	18,000.00	
	- Material bantu	ls	1	1,500.00	1,500.00	Rp. 3,019,500.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	1.6500	80,000.00	132,000.00	
	- Mandor	OH	0.0280	110,000.00	3,080.00	Rp. 135,080.00
	<i>1 m3 - Grouting lubang stressing</i>				Total	Rp. 3,154,580.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.20 Analisa HSPK Pemasangan Angkur Tanam

15	<i>1unit - Angkur Tanam Ø12,5mm - 300 mm</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Besi beton ulir / Besi BJTP-39	kg	0.2890	12,500.00	3,612.52	
	- Grouting	m3	0.0059	200,000.00	1,178.10	

	- Alat bantu	ls	1.0000	3,000.00	3,000.00	Rp. 7,790.62
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.0070	80,000.00	560.00	
	- Tukang	OH	0.0070	90,000.00	630.00	
	- Mandor	OH	0.0004	110,000.00	44.00	Rp. 1,234.00
	<i>1 unit - Angkur Tanam Ø12,5mm - 300 mm</i>				Total	Rp. 9,024.62

Sumber : Jatmikanto, 2011

5. Pekerjaan Tulangan Sambungan

Tabel 5.21 Analisa HSPK Pemasangan Tiebar Ø16mm – 700 mm

1	<i>1kg - Tie bar Ø16mm - 700 mm</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	a. Bahan :					
	- Besi beton ulir / Besi BJTP-39	kg	1.0000	12,500.00	12,500.00	
	- Material bantu	ls	1.0000	1,500.00	1,500.00	Rp. 14,000.00
	b. Tenaga :					
	- Pekerja	OH	0.0070	80,000.00	560.00	
	- Tukang	OH	0.0070	90,000.00	630.00	

	- Mandor	OH	0.0004	110,000.00	44.00	Rp. 1,234.00
	<i>1 kg - Tie bar Ø16mm - 700 mm</i>				Total	Rp. 15,234.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

Tabel 5.22 Analisa HSPK Pemasangan Tiebar Ø33mm – 500 mm

2	<i>1kg - Dowel Ø33mm - 500 mm</i>	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Total (Rp)
	<i>a. Bahan :</i>					
	- Besi beton polos / Besi BJTP-24	kg	1.0000	12,500.00	12,500.00	
	- Material bantu	ls	1.0000	1,500.00	1,500.00	Rp. 14,000.00
	<i>b. Tenaga :</i>					
	- Pekerja	OH	0.0070	80,000.00	560.00	
	- Tukang	OH	0.0070	90,000.00	630.00	
	- Mandor	OH	0.0004	110,000.00	44.00	Rp. 1,234.00
	<i>1 kg - Dowel Ø33mm - 500 mm</i>				Total	Rp. 15,234.00

Sumber : Jatmikanto, 2011

5.2.3 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Tabel 5.23 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

NO	JENIS PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembersihan Lapangan	57230.00	m2	Rp. 6,750.00	Rp. 386,302,500.00
Sub Total I					Rp. 386,302,500.00
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah dasar	9278.94	m3	Rp. 32,759.20	Rp. 303,970,615.21
2	Lapis Pondasi Agregat Kelas A t= 150 mm	12607.14	m3	Rp. 277,664.20	Rp. 3,500,550,192.90
Sub Total II					Rp. 3,804,520,808.11
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Lapis Lean-Mix Concrete t=150 mm	8584.50	m3	Rp. 870,764.62	Rp. 7,475,078,897.56
Sub Total III					Rp. 7,475,078,897.56
IV	PEKERJAAN PANEL BETON PPCP				
1	Base Panel (3,5 x 12) m	371.00	unit	Rp. 22,959,240.18	Rp. 8,517,878,105.89
2	Base Panel (3,5 x 9,5) m	1168.00	unit	Rp. 18,283,901.06	Rp. 21,355,596,434.88
3	Central Panel (3,5 x 12) m	10.00	unit	Rp. 21,545,110.15	Rp. 215,451,101.53
4	Central Panel (3,5 x 9,5) m	15.00	unit	Rp. 17,223,303.54	Rp. 258,349,553.08
5	Joint Panel (3,5 x 12) m	10.00	unit	Rp. 21,780,798.49	Rp. 217,807,984.91
6	Joint Panel (3,5 x 9,5) m	15.00	unit	Rp. 17,400,069.79	Rp. 261,001,046.88
7	Install Panel	1589.00	unit	Rp. 350,991.10	Rp. 557,724,857.90
8	Stressing Panel Longitudinal 70 m	810.00	unit	Rp. 2,420,539.50	Rp. 1,960,636,993.81
9	Grouting Kabel Stressing 70 m	810.00	unit	Rp. 256,138.00	Rp. 207,471,780.00
10	Angkur tanam	1050.00	unit	Rp. 9,024.62	Rp. 9,475,853.10
11	Grouting Lubang Stressing	46.20	m3	Rp. 3,154,580.00	Rp. 145,741,596.00
Sub Total IV					Rp. 33,707,135,307.97
V	PEKERJAAN TUL. SAMBUNGAN				
1	Tulangan Ulir Tie bar Ø16mm - 700 mm	3168.67	kg	Rp. 15,234.00	Rp. 48,271,483.03
2	Tulangan Polos Dowel Ø33mm - 500 mm	3101.91	kg	Rp. 15,234.00	Rp. 47,254,518.76
Sub Total V					Rp. 95,526,001.79
				Total Biaya	Rp. 45,396,766,905.26

Dengan melihat pada Tabel 5.23 diatas maka anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan jalan ini adalah sebesar **Rp. 45.396.766.905,26** (*Empat Puluh Lima Milyar Tiga Ratus Sembilan Puluh Enam Juta Tujuh Ratus Enam Puluh Enam Ribu Sembilan Ratus Lima Koma Dua Puluh Enam Rupiah*).

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perhitungan perencanaan jalan perkerasan dengan metode PPCP pada bab sebelumnya, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan perkerasan jalan beton konvensional dengan umur rencana (UR) 40 tahun dengan kendaraan beban standar Bina Marga diperoleh tebal pelat beton 300 mm sedangkan dengan menggunakan beban kendaraan VDF aktual hasil survey WIM (*weight in motion*) pada tahun 2010 dengan tebal **350 mm** (maksimum) karena kerusakan akibat faktor erosi **694,01% > 100%** dan dengan beban kendaraan tersebut dengan tebal yang sama **350 mm** memenuhi pada umur rencana (UR) 5 tahun saja.
2. Perencanaan perkerasan jalan beton dengan metode PPCP (*Precast Prestress Concret Pavement*) didapatkan tebal pelat beton adalah **200 mm** dengan lapisan pondasi yang sama pada beton konvensional dan dengan ukuran 2 panel yaitu (3,5 x 12) m dan (3,5 x 9,5) m dengan umur rencana 5 tahun atau lebih.
3. Pada panel – panel pelat beton ini menggunakan kabel pratekan berjumlah 24 tendon pada panel (3,5 x 12) m dan 38 tendon pada panel (3,5 x 9,5) m dengan panjang stressing total per segmen adalah 140 m dan dibagi pada pusat panel menjadi 70 m. Pada pelat beton ini menggunakan tulangan Ø10 mm berjarak 125 mm sebagai kombinasi pada pratekan yang sebagai penompang sebagian pada momen yang terjadi pada pelat beton. Sambungan pada pelat beton pada sambungan arah memajang menggunakan tiebar ukuran Ø16 mm – 700mm dengan jarak 750 mm. Dan Sambungan antar panel melintang sebagai expansion joint digunakan dowel ukuran Ø33 mm – 500mm yang dipasang sejarak 300mm dengan ujung diberi topi pemuatan.
4. Dari hasil analisa kontrol geometrik pada lengkung horizontal dan vertikal tidak diperlukan perubahan geometrik jalan pada

ruas jalan ini. Hanya tambahan pelebaran jalan pada tikungan PI – 7 dan PI – 8.

5. Rencana anggaran biaya (RAB) untuk perencanaan perkerasan jalan beton dengan metode PPCP ini dibutuhkan biaya sebesar **Rp. 45.396.766.905,26** (*Empat Puluh Lima Milyar Tiga Ratus Sembilan Puluh Enam Juta Tujuh Ratus Enam Puluh Enam Ribu Sembilan Ratus Lima Koma Dua Puluh Enam Rupiah*).

6.1 Saran

Dari hasil uraian diatas, maka ada beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaannya, yaitu :

1. Diperlukan data lalu lintas yang lebih lengkap dan akurat untuk pengecekan dengan survey langsung di lapangan sehingga didapat nilai pertumbuhan yang aktual dan beban kendaraan yang sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Dengan penggunaan perkerasan jalan beton dengan metode PPCP ini dalam pelaksanaan dilapangan lebih cepat karena berbentuk sebuah panel yang dipasang secara sistem dengan pratekan yang cocok pada jalan dengan lalu lintas berat dan padat seperti lokasi proyek ini.
3. Penggunaan pondasi bawah yang harus memenuhi nilai CBR yang ditentukan karena pada lokasi ini didapatkan nilai CBR tanah dasar di bawah rata-rata.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2015. *15/SE/M/2015 Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen Pracetak-Prategang*. Jakarta: Kementrian PU.
- American Association Of State Highway And Transportastion Officials. 1993. *Guid For Design of Pavement Structure 1993*. Washington, D.C. : AASHTO.
- M.Chang, Luh cs. 2004. *Using precast Concrete Panels For Pavement Construction In Indiana*. Washington, D.C. : FHWA.
- Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. *PCI Design HandBook 6th Edition*. U.S.A. : PCI.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta : BSN.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2014. *Pedoman Kapasitas jalan Perkotaan*. Jakarta: Kementrian PU.
- Dachlan, A.Tatang. 2011. *Kajian Perancangan Perkerasan Jalan Beton Prategang*. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- NAASRA, 1987. *Pavements Design-A Guide to the Structural Design of Road Pavements*. New South Wales: Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities.
- Jatmikanto, Rahmat. 2011. Tugas Akhir : *Studi Perbandingan Rigid Pavement Metode Konvensional Dengan Metode PPCP (Precast Prestress Concrete Pvement)*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Aris Efendi, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 29 Oktober 1991, anak ke 2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Krembangan Selatan X No. 21 Surabaya, SMP Kawung 1 Surabaya, SMA Hang Tuah 1 Surabaya dan Program Studi D-III Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya. Setelah lulus dari Program Studi D-III Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Program Studi Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP – ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 3115 105 018. Di jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Transportasi. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi dan pertanyaan terkait Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis pada alamat email berikut arisefendi@yahoo.com.

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
 NO. RUAS : 28.009.12
 TANGGAL SURVEY : 18 JUNI 2014

Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	N	1322	198	279	140	4	1	62	0	4	1	0	0	1		2011
07 - 08	N	1268	220	296	142	1	5	24	0	0	0	0	0	2		1956
08 - 09	N	980	130	450	114	3	10	24	0	1	0	1	0	3		1713
09 - 10	N	717	92	484	275	2	5	29	0	8	1	3	0	4		1616
10 - 11	N	1020	73	352	117	2	9	36	0	25	2	10	0	5		1646
11 - 12	N	1075	94	798	142	1	3	45	0	12	0	2	0	6		2172
12 - 13	N	853	101	688	153	1	6	37	0	4	2	2	0	7		1847
13 - 14	N	665	91	349	99	3	4	35	0	40	2	12	0	8		1300
14 - 15	N	795	76	328	120	4	2	10	0	3	0	6	0	9		1344
15 - 16	N	732	119	416	113	2	5	21	0	6	2	3	2	10		1421
16 - 17	N	1106	317	535	127	9	1	107	0	2	1	0	46	11		2251
17 - 18	N	2425	134	449	37	1	17	4	0	0	0	1	0	12		3068
18 - 19	N	2802	142	372	42	12	7	0	0	0	0	0	43	13		3420
19 - 20	N	2713	147	341	31	3	12	2	0	4	0	0	60	14		3313
20 - 21	N	2345	125	317	19	0	8	3	0	3	0	0	30	15		2850
21 - 22	N	1625	119	313	34	2	1	4	0	6	1	3	11	16		2119
22 - 23	N	1181	67	170	12	2	4	8	0	7	1	8	1	17		1461
23 - 00	N	667	44	106	10	0	4	5	11	0	0	6	2	18		855
00 - 01	N	754	32	74	18	1	9	6	0	5	1	3	0	19		903
01 - 02	N	237	12	78	16	0	3	10	0	8	0	1	0	20		365
02 - 03	N	152	13	39	32	1	7	10	0	8	1	9	0	21		272
03 - 04	N	122	38	63	39	1	3	9	0	8	6	2	2	22		293
04 - 05	N	102	56	82	44	2	3	7	0	4	2	1	27	23		330
05 - 06	N	269	65	79	37	5	3	7	0	6	3	8	42	24		524
06 - 07	N	1325	197	278	142	5	2	62	0	4	2	0	0	25		2017
07 - 08	N	1270	224	299	145	2	6	25	0	0	1	1	1	26		1974
08 - 09	N	982	132	451	115	2	11	24	0	2	1	0	1	27		1721
09 - 10	N	712	93	485	274	3	6	30	0	9	1	3	1	28		1617
10 - 11	N	1021	74	353	118	3	10	35	0	24	2	11	1	29		1652
11 - 12	N	1076	95	769	143	2	2	44	0	13	1	2	0	30		2147
12 - 13	N	852	104	687	155	2	4	37	0	5	2	2	1	31		1851
13 - 14	N	668	92	348	100	4	4	36	0	41	2	13	0	32		1308
14 - 15	N	796	77	326	125	4	4	11	0	3	2	0	0	33		1348
15 - 16	N	731	118	415	114	3	0	25	0	5	2	2	2	34		1417
16 - 17	N	1104	318	536	128	9	7	105	0	3	2	1	48	35		2261
17 - 18	N	2426	135	448	35	2	18	5	0	0	0	2	0	36		3071
18 - 19	N	2806	146	376	46	16	6	0	0	0	0	0	42	37		3438
19 - 20	N	2715	146	345	32	4	12	2	0	5	1	1	62	38		3325
20 - 21	N	2341	126	318	20	1	8	2	0	2	0	0	32	39		2850
21 - 22	N	1624	117	315	34	2	5	5	0	6	2	3	0	40		2113

Jam Puncak

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
 NO. RUAS : 28.009.12
 TANGGAL SURVEY : 18 JUNI 2014

Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	O	1545	210	383	57	7	4	29	0	8	1	0	4	1		2248
07 - 08	O	1735	257	287	78	0	11	74	0	11	0	1	1	2		2455
08 - 09	O	1115	185	267	148	3	7	64	0	4	3	3	1	3		1800
09 - 10	O	517	132	285	148	3	13	147	0	10	2	6	0	4		1263
10 - 11	O	433	97	283	127	3	9	119	0	9	3	15	0	5		1098
11 - 12	O	630	59	302	72	2	4	45	0	2	3	2	0	6		1121
12 - 13	O	626	72	269	86	2	6	36	0	12	2	1	0	7		1112
13 - 14	O	509	80	268	148	8	6	108	0	6	5	11	0	8		1149
14 - 15	O	595	113	307	71	6	4	27	0	4	1	1	3	9		1132
15 - 16	O	547	89	295	54	2	4	18	0	2	0	0	3	10		1014
16 - 17	O	570	110	220	48	2	4	17	0	10	1	0	0	11		982
17 - 18	O	865	108	243	37	0	5	11	0	2	0	0	4	12		1275
18 - 19	O	2813	115	451	37	2	6	8	0	1	1	0	6	13		3440
19 - 20	O	2075	67	208	22	1	5	5	0	8	0	1	3	14		2395
20 - 21	O	2409	87	210	32	1	9	5	0	0	0	0	6	15		2759
21 - 22	O	1831	55	114	19	4	3	1	0	2	0	5	1	16		2035
22 - 23	O	1249	39	118	13	2	4	11	0	10	0	2	12	17		1460
23 - 00	O	231	26	67	18	2	3	12	0	7	0	6	1	18		373
00 - 01	O	304	22	28	14	0	2	8	0	4	0	6	4	19		392
01 - 02	O	162	13	30	19	5	12	13	0	13	7	11	0	20		285
02 - 03	O	97	1	26	11	0	6	13	0	7	1	7	2	21		171
03 - 04	O	113	17	38	18	4	4	11	0	1	1	7	6	22		220
04 - 05	O	215	21	63	27	0	0	8	0	4	0	3	5	23		346
05 - 06	O	1274	64	178	28	7	0	5	0	0	0	0	19	24		1575
06 - 07	O	1542	212	382	58	8	5	30	0	9	2	1	4	25		2253
07 - 08	O	1736	258	288	79	1	11	75	0	12	1	1	1	26		2463
08 - 09	O	1117	186	269	149	4	5	65	0	5	2	2	0	27		1804
09 - 10	O	518	135	286	146	3	12	148	0	11	2	6	1	28		1268
10 - 11	O	431	100	287	128	3	9	115	0	10	4	16	1	29		1104
11 - 12	O	632	60	305	72	8	4	46	0	3	3	1	2	30		1136
12 - 13	O	625	75	265	85	3	5	35	0	13	3	2	1	31		1112
13 - 14	O	506	82	267	145	8	7	105	0	5	5	11	0	32		1141
14 - 15	O	596	114	305	75	5	5	25	0	5	1	1	2	33		1134
15 - 16	O	548	88	246	55	3	4	17	0	1	0	0	2	34		964
16 - 17	O	574	111	221	45	1	3	18	0	12	1	0	0	35		986
17 - 18	O	8647	105	245	38	1	5	12	0	2	0	0	3	36		9058
18 - 19	O	2813	114	452	38	1	6	8	0	1	1	0	6	37		3440
19 - 20	O	2078	65	205	25	2	5	5	0	8	0	1	3	38		2397
20 - 21	O	2408	87	209	31	2	9	6	0	1	0	0	5	39		2758
21 - 22	O	1832	56	115	20	4	3	1	0	1	0	4	0	40		2036

Jam Puncak

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
 NO. RUAS : 28.009.12
 TANGGAL SURVEY : 18 JUNI 2014

Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	T	2867	408	662	197	11	5	91	0	12	2	0	4	1	0,00	4259
07 - 08	T	3003	477	583	220	1	16	98	0	11	0	1	1	2	0,00	4411
08 - 09	T	2095	315	717	262	6	17	88	0	5	3	4	1	3	0,00	3513
09 - 10	T	1234	224	769	423	5	18	176	0	18	3	9	0	4	0,00	2879
10 - 11	T	1453	170	635	244	5	18	155	0	34	5	25	0	5	0,00	2744
11 - 12	T	1705	153	1100	214	3	7	90	0	14	3	4	0	6	0,00	3293
12 - 13	T	1479	173	957	239	3	12	73	0	16	4	3	0	7	0,00	2959
13 - 14	T	1174	171	617	247	11	10	143	0	46	7	23	0	8	0,00	2449
14 - 15	T	1390	189	635	191	10	6	37	0	7	1	7	3	9	0,00	2476
15 - 16	T	1279	208	711	167	4	9	39	0	8	2	3	5	10	0,00	2435
16 - 17	T	1676	427	755	175	11	5	124	0	12	2	0	46	11	0,00	3233
17 - 18	T	3290	242	692	74	1	22	15	0	2	0	1	4	12	0,00	4343
18 - 19	T	5615	257	823	79	14	13	8	0	1	1	0	49	13	0,00	6860
19 - 20	T	4788	214	549	53	4	17	7	0	12	0	1	63	14	0,00	5708
20 - 21	T	4754	212	527	51	1	17	8	0	3	0	0	36	15	0,00	5609
21 - 22	T	3456	174	427	53	6	4	5	0	8	1	8	12	16	0,00	4154
22 - 23	T	2430	106	288	25	4	8	19	0	17	1	10	13	17	0,00	2921
23 - 00	T	898	70	173	28	2	7	17	11	7	0	12	3	18	0,00	1228
00 - 01	T	1058	54	102	32	1	11	14	0	9	1	9	4	19	0,00	1295
01 - 02	T	399	25	108	35	5	15	23	0	21	7	12	0	20	0,00	650
02 - 03	T	249	14	65	43	1	13	23	0	15	2	16	2	21	0,00	443
03 - 04	T	235	55	101	57	5	7	20	0	9	7	9	8	22	0,00	513
04 - 05	T	317	77	145	71	2	3	15	0	8	2	4	32	23	0,00	676
05 - 06	T	1543	129	257	65	12	3	12	0	6	3	8	61	24	0,00	2099
06 - 07	T	2867	409	660	200	13	7	92	0	13	4	1	4	25	0,00	4270
07 - 08	T	3006	482	587	224	3	17	100	0	12	2	2	2	26	0,00	4437
08 - 09	T	2099	318	720	264	6	16	89	0	7	3	2	1	27	0,00	3525
09 - 10	T	1230	228	771	420	6	18	178	0	20	3	9	2	28	0,00	2885
10 - 11	T	1452	174	640	246	6	19	150	0	34	6	27	2	29	0,00	2756
11 - 12	T	1708	155	1074	215	10	6	90	0	16	4	3	2	30	0,00	3283
12 - 13	T	1477	179	952	240	5	9	72	0	18	5	4	2	31	0,00	2963
13 - 14	T	1174	174	615	245	12	11	141	0	46	7	24	0	32	0,00	2449
14 - 15	T	1392	191	631	200	9	9	36	0	8	3	1	2	33	0,00	2482
15 - 16	T	1279	206	661	169	6	4	42	0	6	2	2	4	34	0,00	2381
16 - 17	T	1678	429	757	173	10	10	123	0	15	3	1	48	35	0,00	3247
17 - 18	T	11073	240	693	73	3	23	17	0	2	0	2	3	36	0,00	12129
18 - 19	T	5619	260	828	84	17	12	8	0	1	1	0	48	37	0,00	6878
19 - 20	T	4793	211	550	57	6	17	7	0	13	1	2	65	38	0,00	5722
20 - 21	T	4749	213	527	51	3	17	8	0	3	0	0	37	39	0,00	5608
21 - 22	T	3456	173	430	54	6	8	6	0	7	2	7	0	40	0,00	4149

Jam Puncak

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
NO. RUAS : 28.009.12
TANGGAL SURVEY : 24 MEI 2016

Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	N	3635	72	104	9	0	0	32	0	13	0	26	52	1		3943
07 - 08	N	4181	129	114	26	0	0	45	0	10	0	11	71	2		4587
08 - 09	N	3326	110	96	40	0	0	41	0	10	2	13	51	3		3689
09 - 10	N	2417	95	71	95	2	0	47	0	16	1	24	50	4		2818
10 - 11	N	2167	94	78	124	2	2	150	0	21	0	108	35	5		2781
11 - 12	N	2071	97	58	116	0	0	139	0	20	2	110	38	6		2651
12 - 13	N	1793	75	79	94	0	0	129	0	22	3	92	33	7		2320
13 - 14	N	1821	83	69	153	0	0	133	0	14	0	120	23	8		2416
14 - 15	N	1942	88	72	128	0	0	118	0	26	0	133	28	9		2535
15 - 16	N	2328	65	82	115	0	0	105	0	17	0	143	26	10		2881
16 - 17	N	2656	60	80	70	0	1	58	0	25	0	125	41	11		3116
17 - 18	N	2818	69	72	40	0	1	43	0	18	0	141	42	12		3244
18 - 19	N	2372	42	30	8	1	0	18	0	10	0	79	37	13		2597
19 - 20	N	2448	48	32	11	0	2	23	0	25	2	182	28	14		2801
20 - 21	N	2296	53	20	6	0	2	21	0	39	0	215	7	15		2659
21 - 22	N	2345	48	20	10	0	2	12	0	42	0	184	20	16		2683
22 - 23	N	1986	32	13	5	0	1	21	0	37	0	160	8	17		2263
23 - 00	N	659	26	8	9	0	0	9	0	30	0	144	5	18		890
00 - 01	N	415	16	5	9	0	1	13	0	12	0	86	7	19		564
01 - 02	N	180	12	3	8	0	0	11	0	36	0	91	4	20		345
02 - 03	N	233	12	8	21	0	0	10	0	30	0	82	5	21		401
03 - 04	N	257	8	12	14	0	2	22	0	35	0	84	12	22		446
04 - 05	N	2245	24	35	20	0	0	36	0	31	0	60	37	23		2488
05 - 06	N	2425	52	58	4	0	1	53	0	22	1	85	37	24		2738
06 - 07	N	2587	547	29	94	1	0	38	0	18	0	10	54	25		3378
07 - 08	N	4104	425	112	48	1	1	61	0	8	0	31	71	26		4862
08 - 09	N	3792	571	131	102	1	0	76	0	20	0	52	50	27		4795
09 - 10	N	4291	663	106	97	0	2	132	0	27	0	174	31	28		5523
10 - 11	N	4009	679	171	89	2	2	147	0	16	0	154	39	29		5308
11 - 12	N	3761	511	167	73	3	1	141	0	12	0	124	30	30		4823
12 - 13	N	3664	411	104	65	1	0	122	0	28	0	128	34	31		4557
13 - 14	N	2190	489	97	102	0	8	149	0	23	0	138	24	32		3220
14 - 15	N	2561	598	105	127	0	0	133	0	12	0	188	18	33		3742
15 - 16	N	3800	731	129	92	1	1	96	0	15	0	224	28	34		5117
16 - 17	N	4913	745	63	62	0	0	49	0	18	1	165	43	35		6059
17 - 18	N	3211	666	77	56	0	0	39	0	9	0	192	29	36		4279
18 - 19	N	2863	480	41	71	0	0	24	0	22	0	104	26	37		3631
19 - 20	N	1887	560	59	62	0	2	20	0	28	0	112	32	38		2762
20 - 21	N	1611	440	73	41	0	0	18	0	32	1	188	26	39		2430
21 - 22	N	1243	310	67	39	0	0	14	0	40	0	176	18	40		1907

Jam Puncak

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
 NO. RUAS : 28.009.12
 TANGGAL SURVEY : 24 MEI 2016

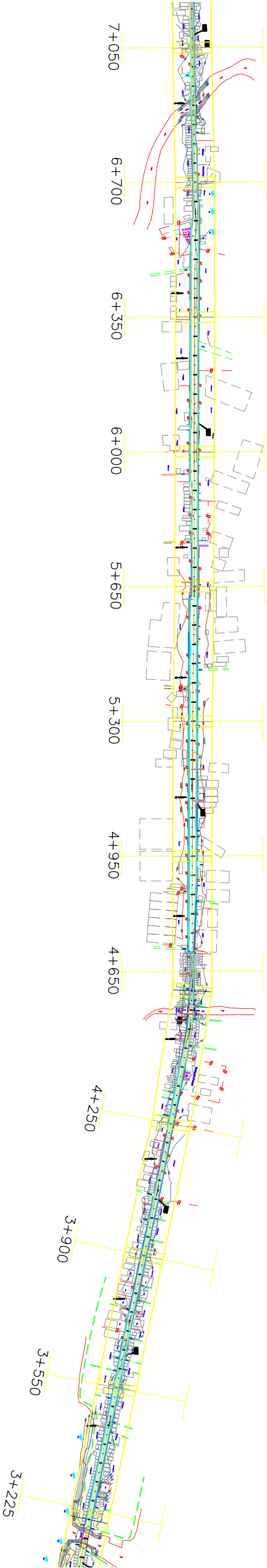
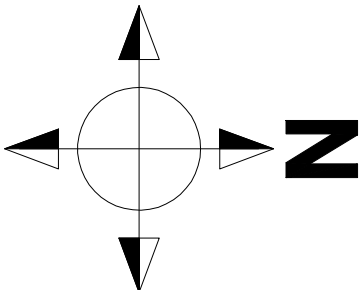
Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	O	5302	64	211	8	0	0	80	0	21	2	8	11	1		5707
07 - 08	O	4609	51	307	22	0	2	40	0	2	9	7	11	2		5060
08 - 09	O	3867	15	203	69	0	3	38	0	36	4	87	18	3		4340
09 - 10	O	1900	9	143	104	0	2	125	0	43	0	95	33	4		2454
10 - 11	O	2216	8	105	89	0	2	170	0	77	16	89	16	5		2788
11 - 12	O	2318	21	112	71	0	2	155	0	25	0	173	30	6		2907
12 - 13	O	2252	15	65	105	0	2	161	0	34	8	145	15	7		2802
13 - 14	O	2791	47	192	138	0	1	147	0	34	1	179	2	8		3532
14 - 15	O	1863	38	250	97	0	2	103	0	28	6	159	19	9		2605
15 - 16	O	2812	41	113	67	0	3	91	0	26	17	173	35	10		3378
16 - 17	O	4603	30	225	99	0	2	37	0	6	9	7	12	11		5030
17 - 18	O	4782	38	252	38	0	0	31	0	3	9	15	4	12		5172
18 - 19	O	2923	57	69	47	0	1	38	0	11	13	234	3	13		3396
19 - 20	O	2902	36	85	13	0	0	28	0	31	6	211	5	14		3317
20 - 21	O	2003	19	60	27	0	0	19	0	57	3	161	3	15		2352
21 - 22	O	2031	20	50	48	0	2	77	0	50	4	168	9	16		2459
22 - 23	O	1295	22	31	36	0	1	25	0	45	2	174	7	17		1638
23 - 00	O	950	16	46	17	0	1	60	0	45	12	94	4	18		1245
00 - 01	O	620	40	23	20	0	2	8	0	8	7	96	9	19		833
01 - 02	O	297	4	22	16	0	0	5	0	14	2	114	7	20		481
02 - 03	O	268	0	0	19	0	1	4	0	3	8	85	6	21		394
03 - 04	O	212	3	46	6	0	0	19	0	16	1	64	3	22		370
04 - 05	O	545	1	31	19	0	0	60	0	85	7	193	24	23		965
05 - 06	O	1398	5	140	25	0	0	30	0	37	5	83	23	24		1746
06 - 07	O	5295	66	220	5	0	0	68	0	27	0	8	11	25		5700
07 - 08	O	4622	53	320	30	0	1	59	0	1	8	11	10	26		5115
08 - 09	O	3048	16	222	28	0	2	41	0	44	5	91	14	27		3511
09 - 10	O	1897	12	142	110	0	3	137	0	55	3	91	29	28		2479
10 - 11	O	2202	8	108	96	0	2	189	0	82	16	96	15	29		2814
11 - 12	O	2304	21	111	67	0	1	162	0	29	5	177	29	30		2906
12 - 13	O	2236	16	80	107	0	2	158	0	37	12	142	13	31		2803
13 - 14	O	2808	50	202	142	0	1	154	0	47	3	186	0	32		3593
14 - 15	O	1850	39	302	108	0	2	106	0	36	11	158	24	33		2636
15 - 16	O	2815	44	115	69	0	1	97	0	34	16	169	38	34		3398
16 - 17	O	4596	31	226	100	0	2	48	0	10	10	3	10	35		5036
17 - 18	O	4777	39	259	42	0	3	17	0	16	14	17	9	36		5193
18 - 19	O	2930	57	874	59	0	1	28	0	21	11	237	2	37		4220
19 - 20	O	2905	36	102	24	0	1	33	0	33	11	206	2	38		3353
20 - 21	O	1993	19	76	34	0	0	10	0	61	1	162	8	39		2364
21 - 22	O	2030	22	53	56	0	1	71	0	47	7	165	11	40		2463

Jam Puncak

NAMA RUAS : JLN. GRESIK (SURABAYA)
 NO. RUAS : 28.009.12
 TANGGAL SURVEY : 24 MEI 2016


Jam survey	Direction	Gol1	Gol2	Gol3	Gol4	Gol5A	Gol5B	Gol6A	Gol6B	Gol7A	Gol7B	Gol7C	Gol8	URUT JAM	Rata2 Kec Kend Per jam	Jumlah (kend/jam)
06 - 07	T	8937	136	315	17	0	0	112	0	34	2	34	63	1	0,00	9650
07 - 08	T	8790	180	421	48	0	2	85	0	12	9	18	82	2	0,00	9647
08 - 09	T	7193	125	299	109	0	3	79	0	46	6	100	69	3	0,00	8029
09 - 10	T	4317	104	214	199	2	2	172	0	59	1	119	83	4	0,00	5272
10 - 11	T	4383	102	183	213	2	4	320	0	98	16	197	51	5	0,00	5569
11 - 12	T	4389	118	170	187	0	2	294	0	45	2	283	68	6	0,00	5558
12 - 13	T	4045	90	144	199	0	2	290	0	56	11	237	48	7	0,00	5122
13 - 14	T	4612	130	261	291	0	1	280	0	48	1	299	25	8	0,00	5948
14 - 15	T	3805	126	362	225	0	2	221	0	54	6	292	47	9	0,00	5140
15 - 16	T	5140	106	195	182	0	3	196	0	43	17	316	61	10	0,00	6259
16 - 17	T	7259	90	305	169	0	3	95	0	31	9	132	53	11	0,00	8146
17 - 18	T	7600	107	324	78	0	1	74	0	21	9	156	46	12	0,00	8416
18 - 19	T	5295	99	99	55	1	1	56	0	21	13	313	40	13	0,00	5993
19 - 20	T	5350	84	117	24	0	2	51	0	56	8	393	33	14	0,00	6118
20 - 21	T	4299	72	80	33	0	2	40	0	96	3	376	10	15	0,00	5011
21 - 22	T	4376	68	70	58	0	4	89	0	92	4	352	29	16	0,00	5142
22 - 23	T	3281	54	44	41	0	2	46	0	82	2	334	15	17	0,00	3901
23 - 00	T	1609	42	54	26	0	1	69	0	75	12	238	9	18	0,00	2135
00 - 01	T	1035	56	28	29	0	3	21	0	20	7	187	16	19	0,00	1402
01 - 02	T	477	16	25	24	0	0	16	0	50	2	196	11	20	0,00	817
02 - 03	T	501	12	8	40	0	1	14	0	33	8	169	11	21	0,00	797
03 - 04	T	469	11	58	20	0	2	41	0	51	1	124	15	22	0,00	792
04 - 05	T	2790	25	66	39	0	0	96	0	116	7	278	61	23	0,00	3478
05 - 06	T	3823	57	198	29	0	1	83	0	59	6	168	60	24	0,00	4484
06 - 07	T	7882	613	249	99	1	0	106	0	45	0	18	65	25	0,00	9078
07 - 08	T	8726	478	432	78	1	2	120	0	9	8	42	81	26	0,00	9977
08 - 09	T	6840	587	353	130	1	2	117	0	64	5	143	64	27	0,00	8306
09 - 10	T	6188	675	248	207	0	5	269	0	82	3	265	60	28	0,00	8002
10 - 11	T	6211	687	279	185	2	4	311	0	98	16	250	54	29	0,00	8097
11 - 12	T	6065	532	278	140	3	2	311	0	41	5	301	59	30	0,00	7737
12 - 13	T	5900	427	184	172	1	2	291	0	65	12	270	47	31	0,00	7371
13 - 14	T	4998	539	299	244	0	2	250	0	70	3	324	24	32	0,00	6753
14 - 15	T	4411	637	407	235	0	2	155	0	48	11	346	42	33	0,00	6294
15 - 16	T	6615	775	244	161	1	1	136	0	49	16	393	66	34	0,00	8457
16 - 17	T	9509	776	289	162	0	2	72	0	28	10	168	53	35	0,00	11069
17 - 18	T	7988	705	336	98	0	5	37	0	25	15	209	38	36	0,00	9456
18 - 19	T	5793	537	915	130	0	1	46	0	43	11	341	28	37	0,00	7845
19 - 20	T	4792	596	161	86	0	1	47	0	61	11	318	34	38	0,00	6107
20 - 21	T	3604	459	149	75	0	0	28	0	93	1	350	34	39	0,00	4793
21 - 22	T	3273	332	120	95	0	1	85	0	87	7	341	29	40	0,00	4370

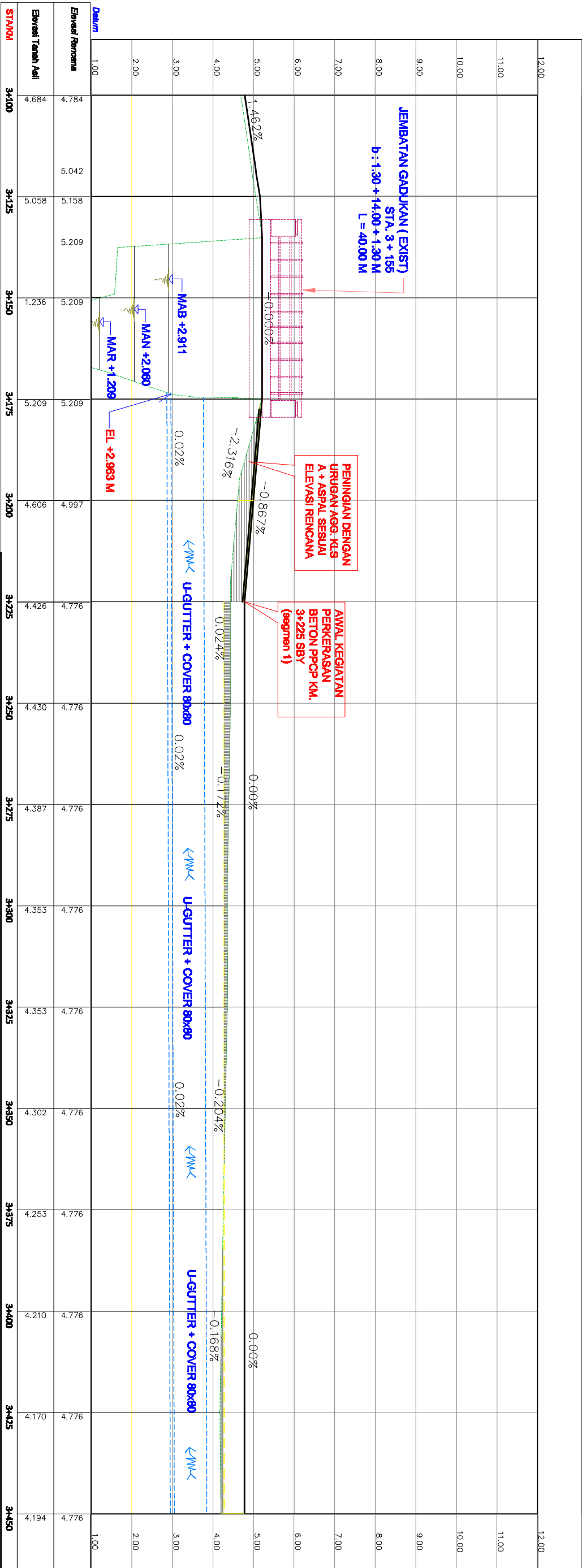
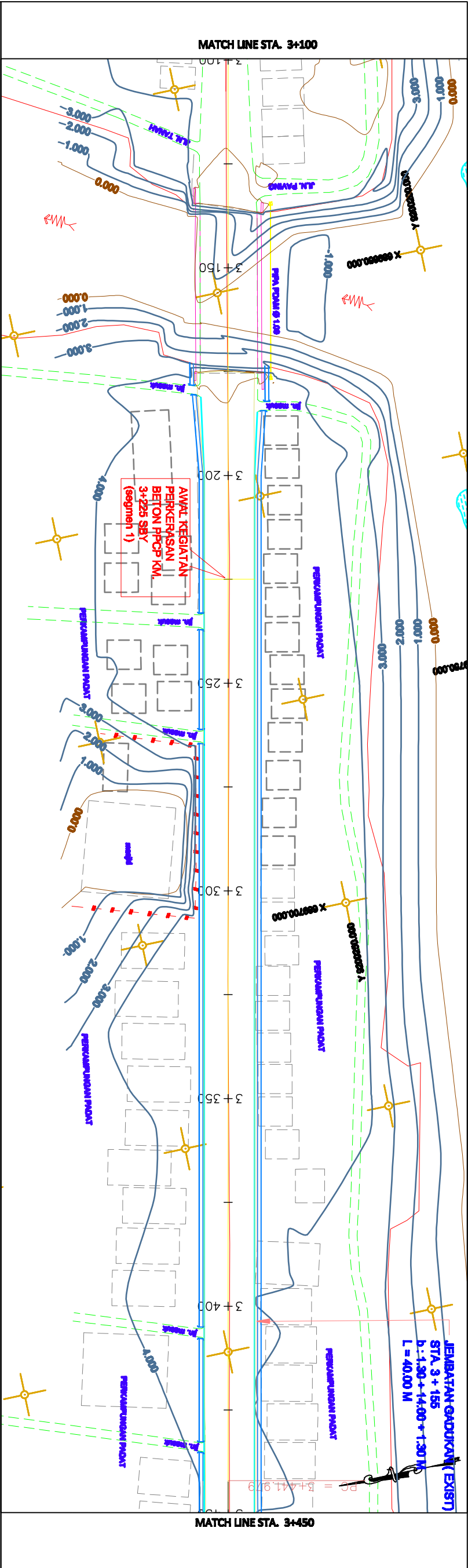
Jam Puncak



TRASE JALAN

SKALA 1:1000

INSTITUT / UNIVERSITAS		JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR		JUDUL GAMBAR		SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA		REVISI		
<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>		PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + ITS - KOL 7 + IIS MENGGUNAKAN PERENCANAAN JALAN BETON DENGAN METODE PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT		TRASE JALAN		1 : 1000	ANGG ERENDI NRP. 3115 105 018	Dosen Pembimbing : Wahyu Hartono, Ir., MT., Ph.D NRP. 1852006 185003 1 012 Ir. Muzli Immanuel, MS NRP. 1852008 185003 1 002				
										KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
											01	01



STATION		3+100	3+125	3+150	3+175	3+200	3+225	3+250	3+275	3+300	3+325	3+350	3+375	3+400	3+425	3+450
Elevasi Rencana		4.784	5.158	5.209	5.209	4.997	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776	4.776
Elevasi Tanah Asli		4.684	5.058	5.209	5.209	4.606	4.426	4.430	4.387	4.353	4.353	4.302	4.253	4.210	4.170	4.194
STATION		3+100	3+125	3+150	3+175	3+200	3+225	3+250	3+275	3+300	3+325	3+350	3+375	3+400	3+425	3+450
INSTITUT / UNIVERSITAS																
JUDUL TUGAS AKHIR																
JUDUL GAMBAR																
SKALA																
MAHASISWA																
DIPERIKSA																
DOSEN KONSULTASI :																
REVISI																
KODE GBR																
NO. GBR																
Jumlah Lbr																



PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KM. 3 + 175 - KM. 7 + 165 MENGGUNAKAN PERKERASAN BETON DENGAN METODE PRCp (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)

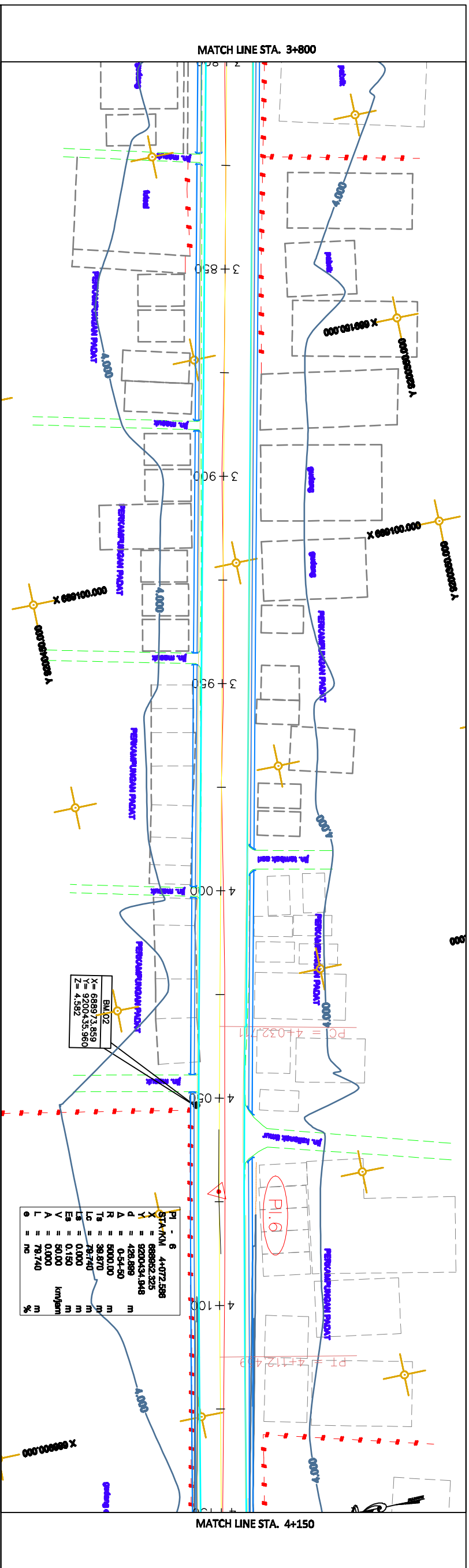
LONG SECTION

H=1:1000
V=1:400

ANGGEBER
NRP. 3116 106 018

DIPERIKSA
NRP. 1802008 180803 1 012
DOSEN KONSULTASI :
NRP. 1802208 180803 1 002

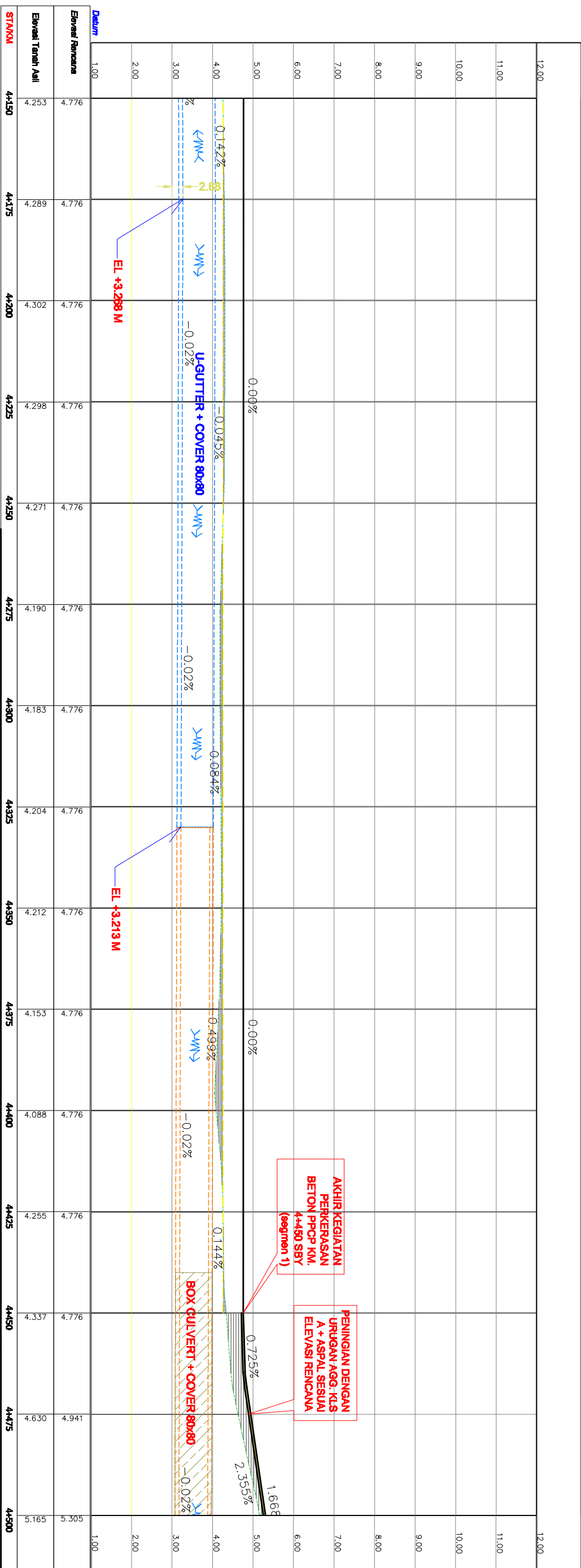
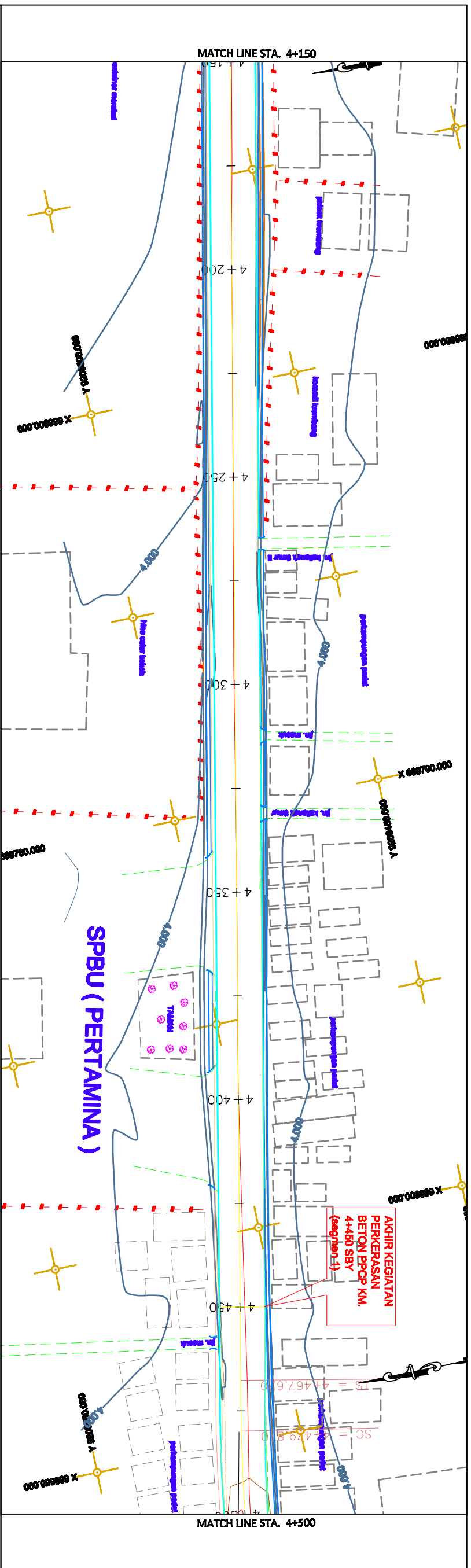
KODE GBR
NO. GBR
Jumlah Lbr

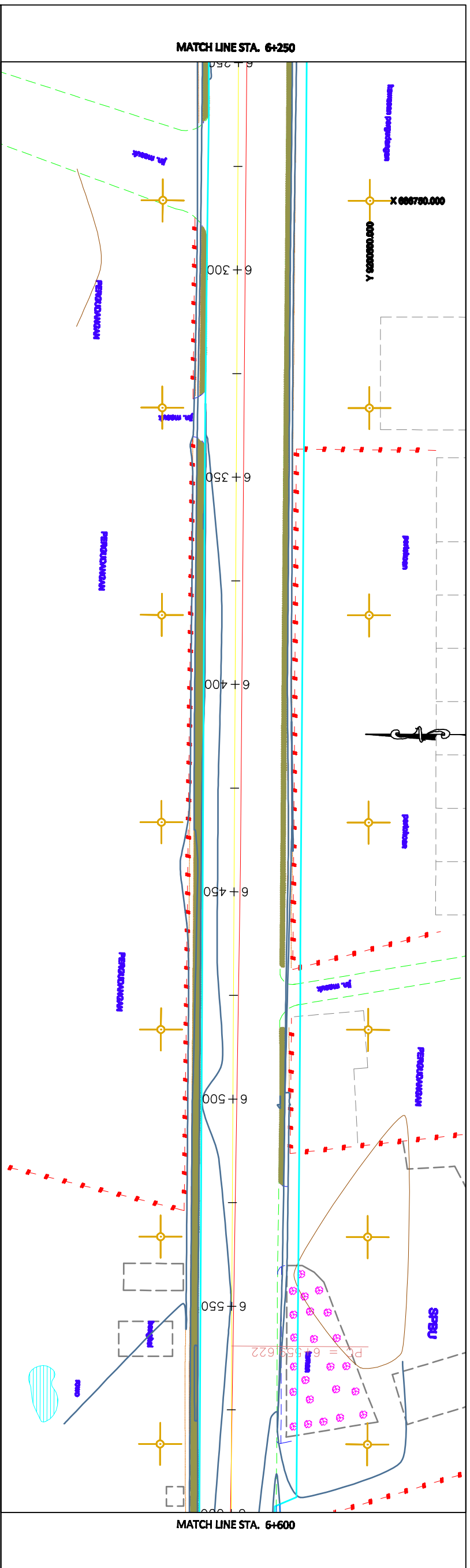
[illegible]

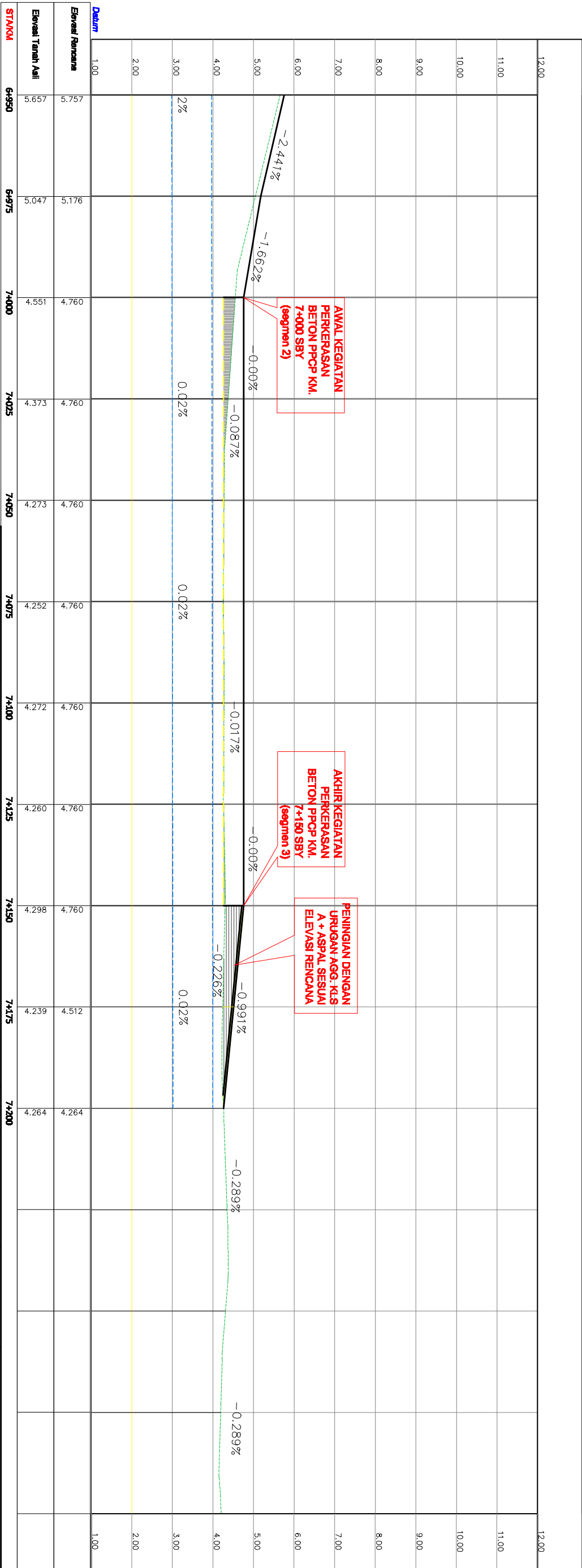
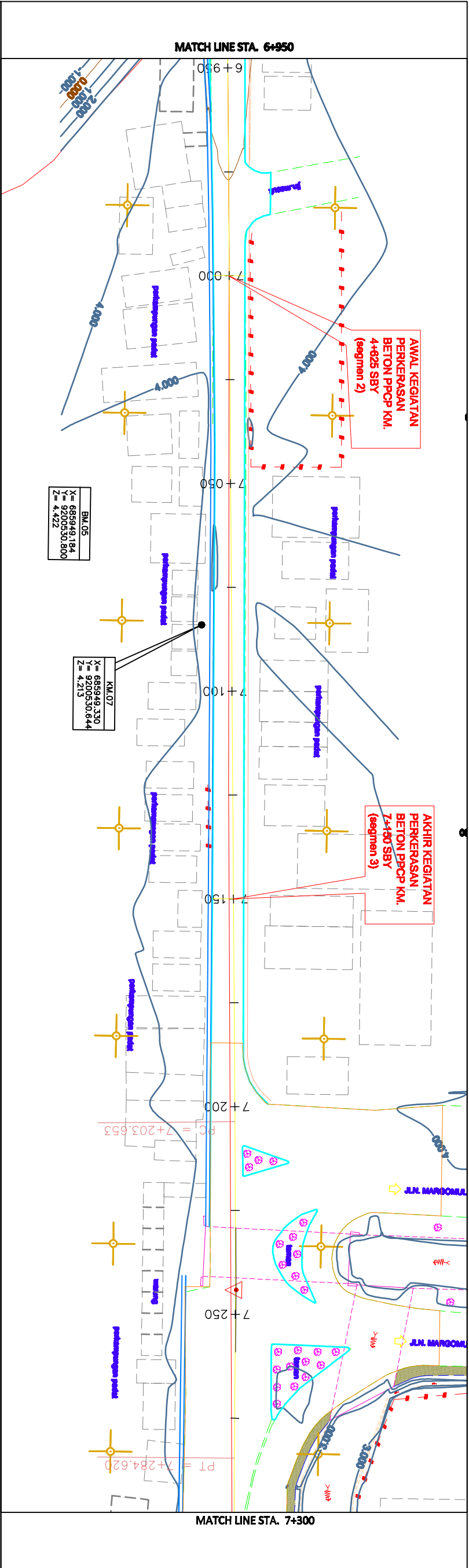
ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PEREKAMAN ULTRASONIK BUBUNYA - GREEK
3 + 175 - ROL 7 (16) MENGGUNAKAN PERKAWANGAN
JALAN BETON DENGAN METODE PROPO PRECAST
(PRESTRESS CONCRETE PIPELINT)

DI PERIKSA	REVISI	
DOSEN KONSULTASI :		
Ir. Wahyu Harjanto, MT NIP. 19630306 196903 0112 Ir. Mung Irawanto, MS NIP. 19522010 196003 0102	KODE GBR NO. GBR CS	JUMLAH LBR 12



[illegible]



PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA - GRESIK KUL
3 + TB - KUL 7 + 105 MENGGUNAKAN PERKERASAN
JALAN BETON DENGAN LEBAR PERKERASAN
(FRESHNESS CONCRETE PAVEMENT)

LONG SECTION

H=1:1000
V=1:100

AKSI EFENDI
NRP. 3116 106 018

DIPERIKSA
DOSEN KONSULTASI :
Ir. Wahyu Hidayat, MT
NRP. 1802006 18005 1 012
Ir. Haryo Imanan, MS
NRP. 1802006 18005 1 002

KODE GBR

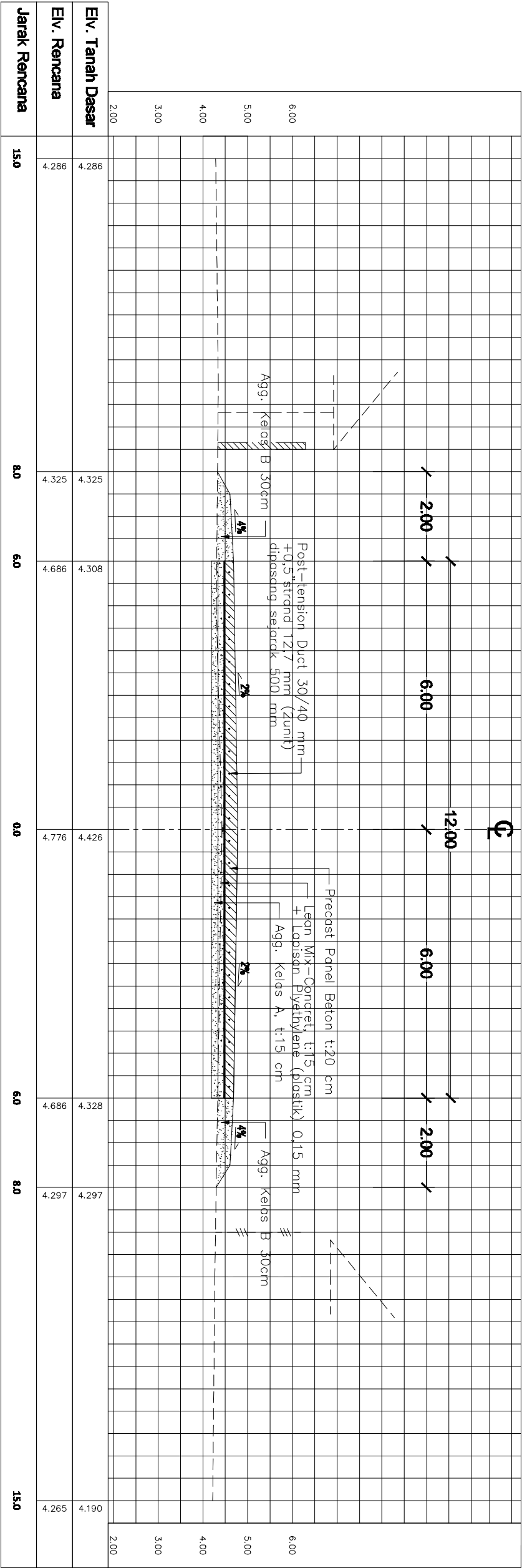
NO. GBR

JUMLAH LBR

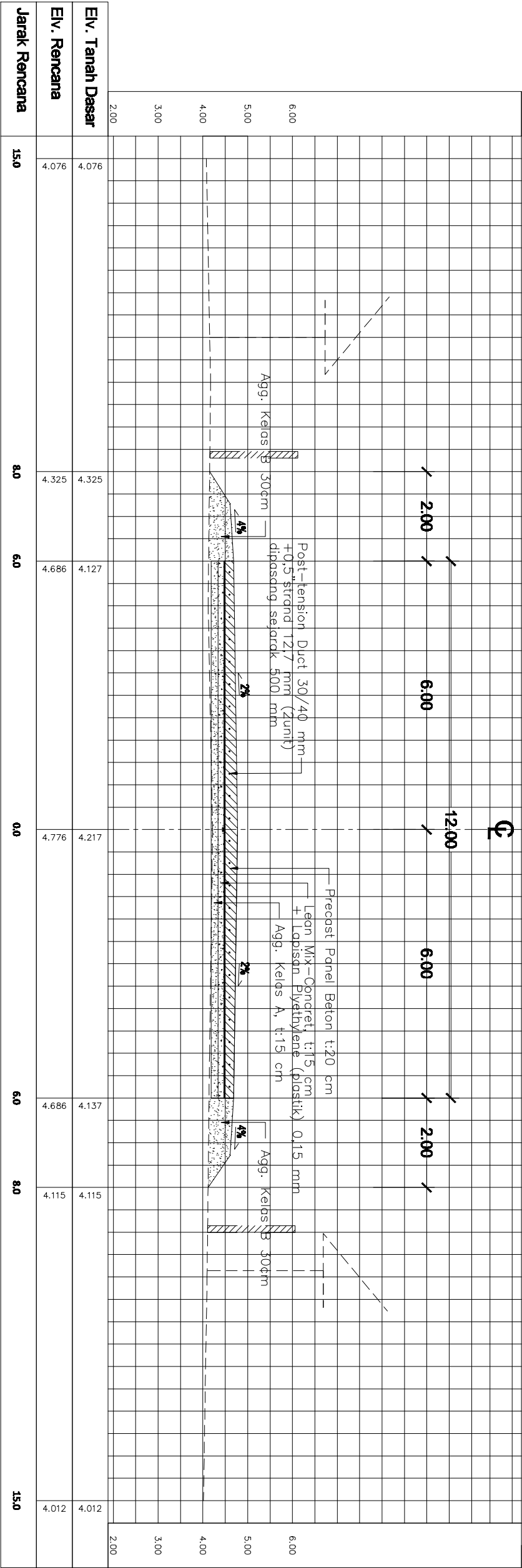
12

12

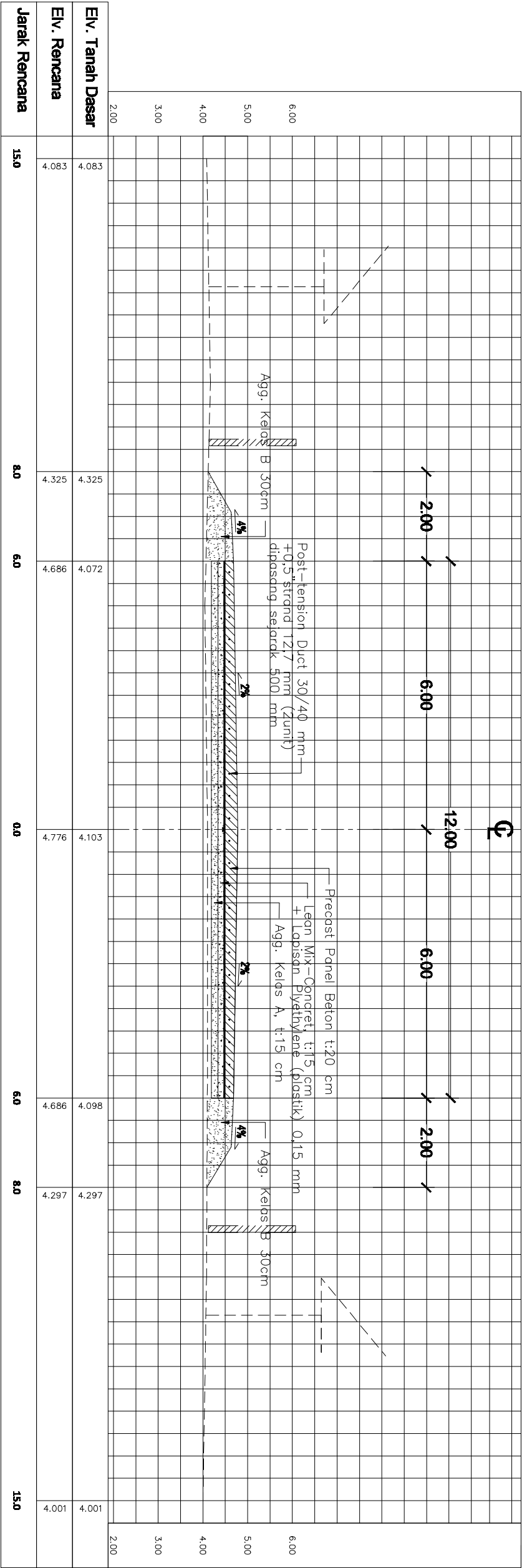
STA 3+225



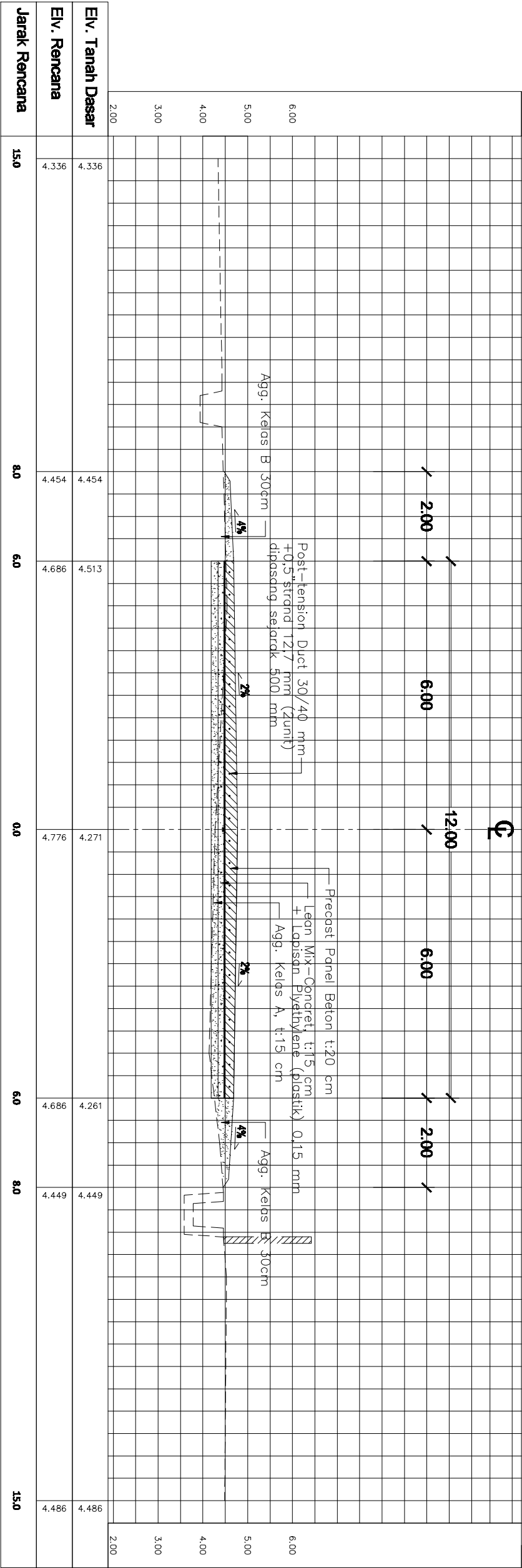
STA 3+550



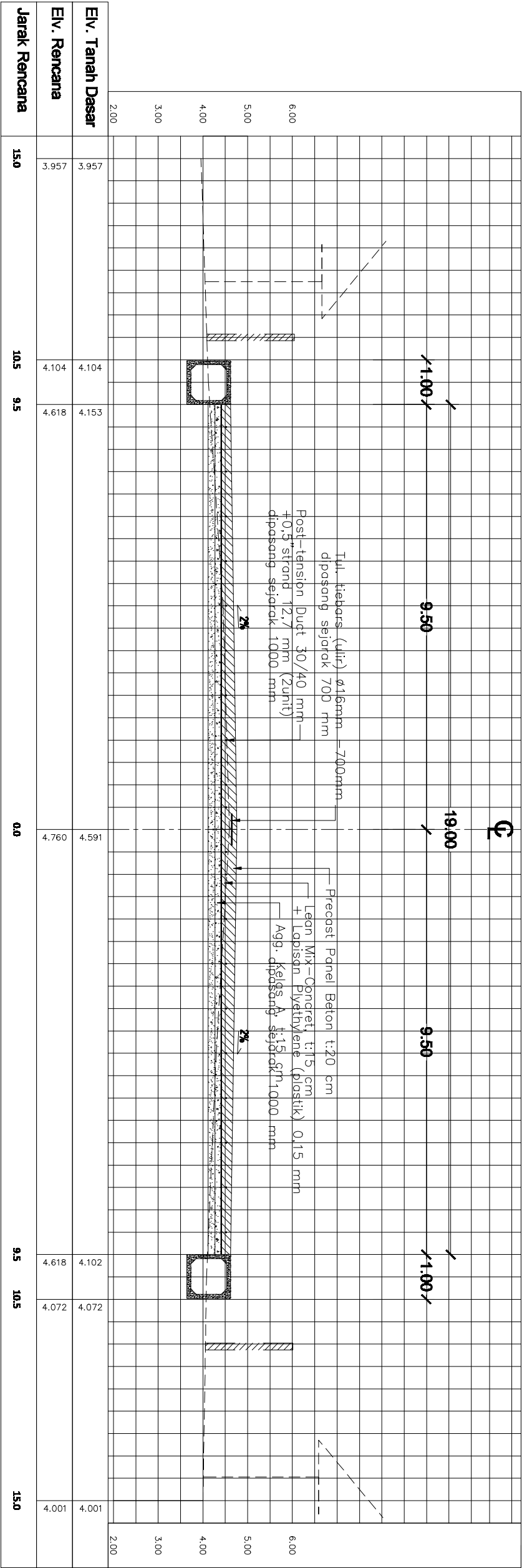
STA 3+900



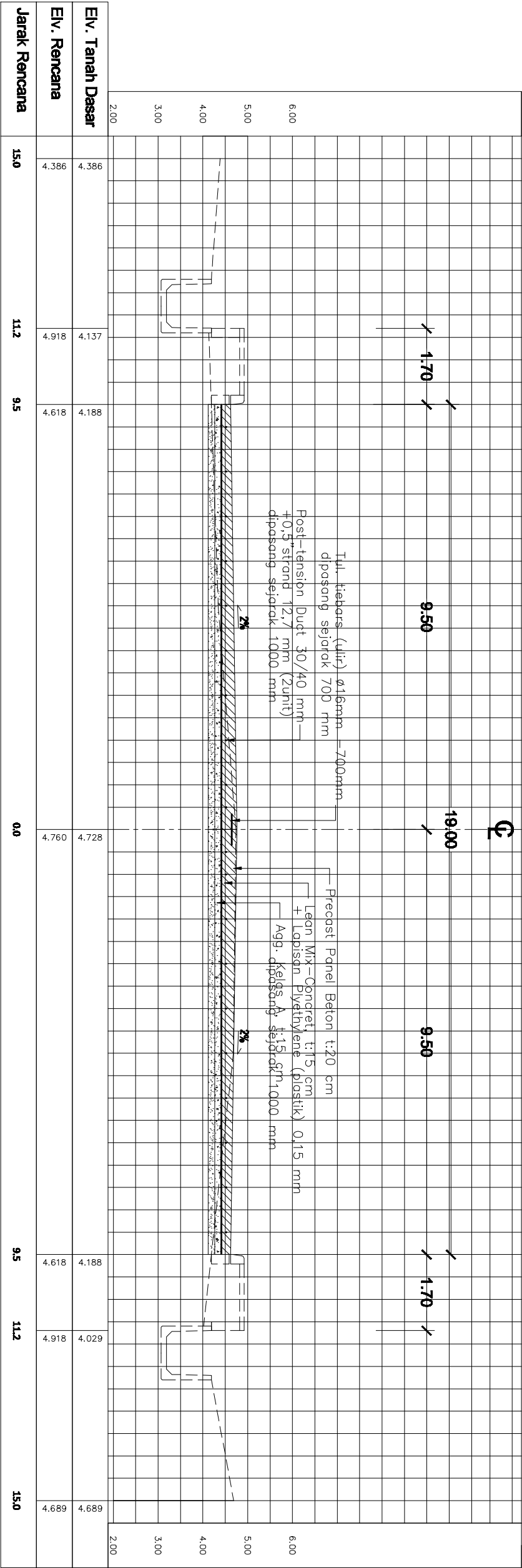
STA 4+250



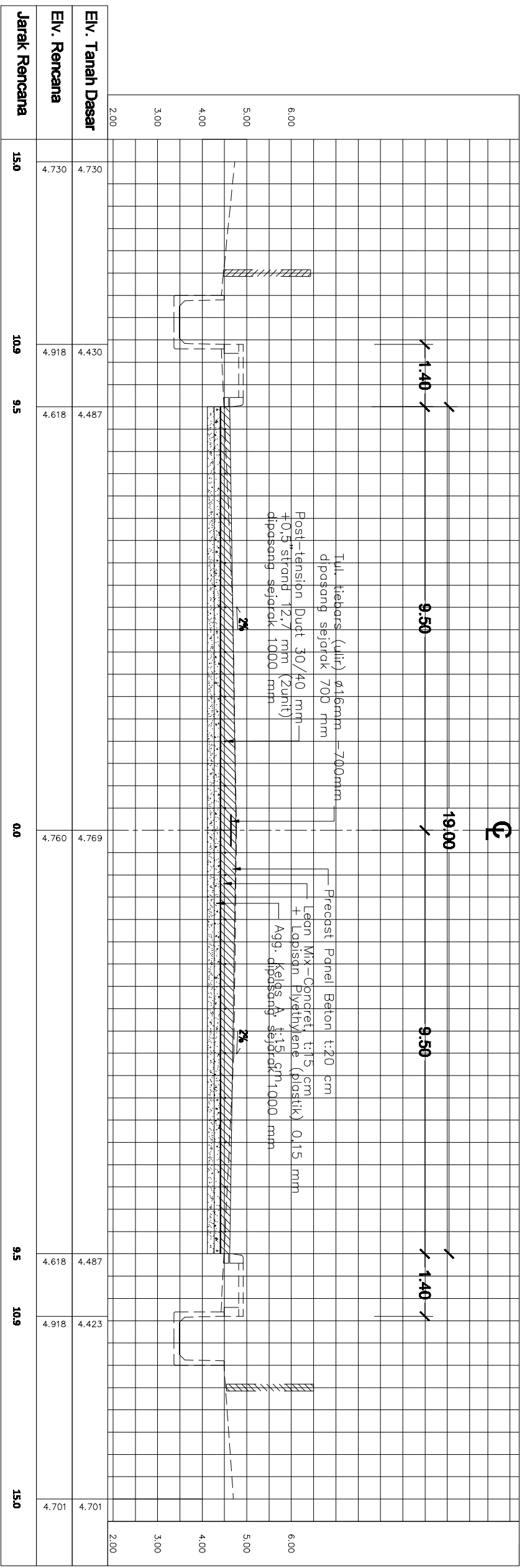
STA 4+650



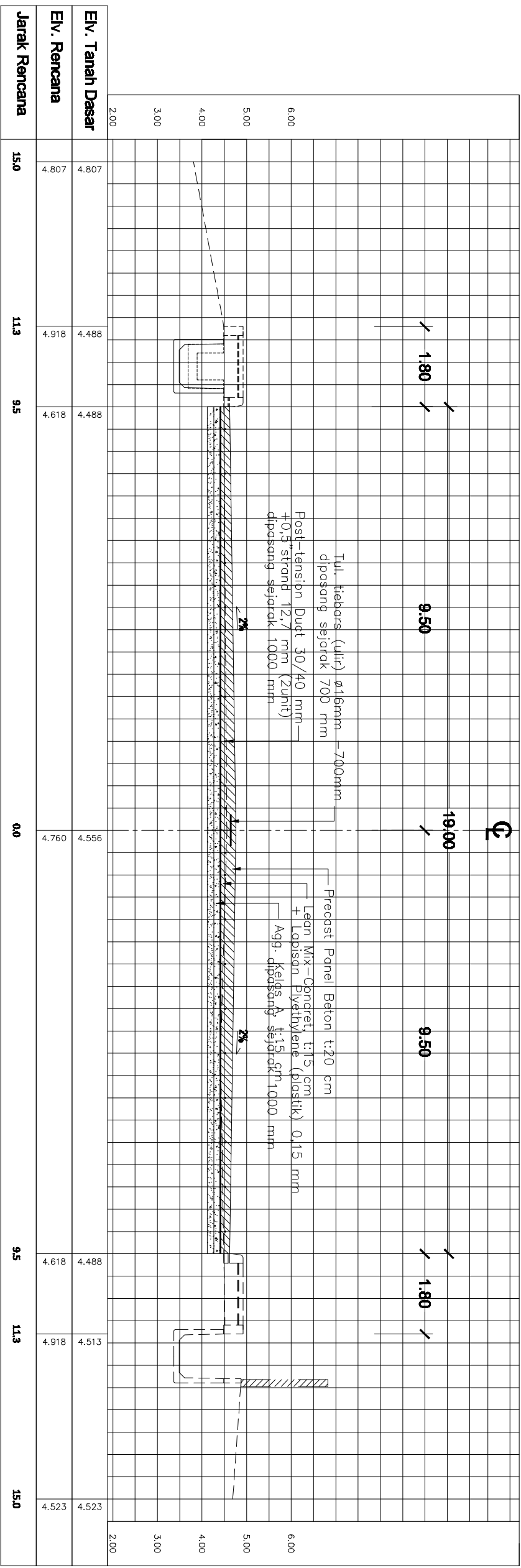
STA 4+950



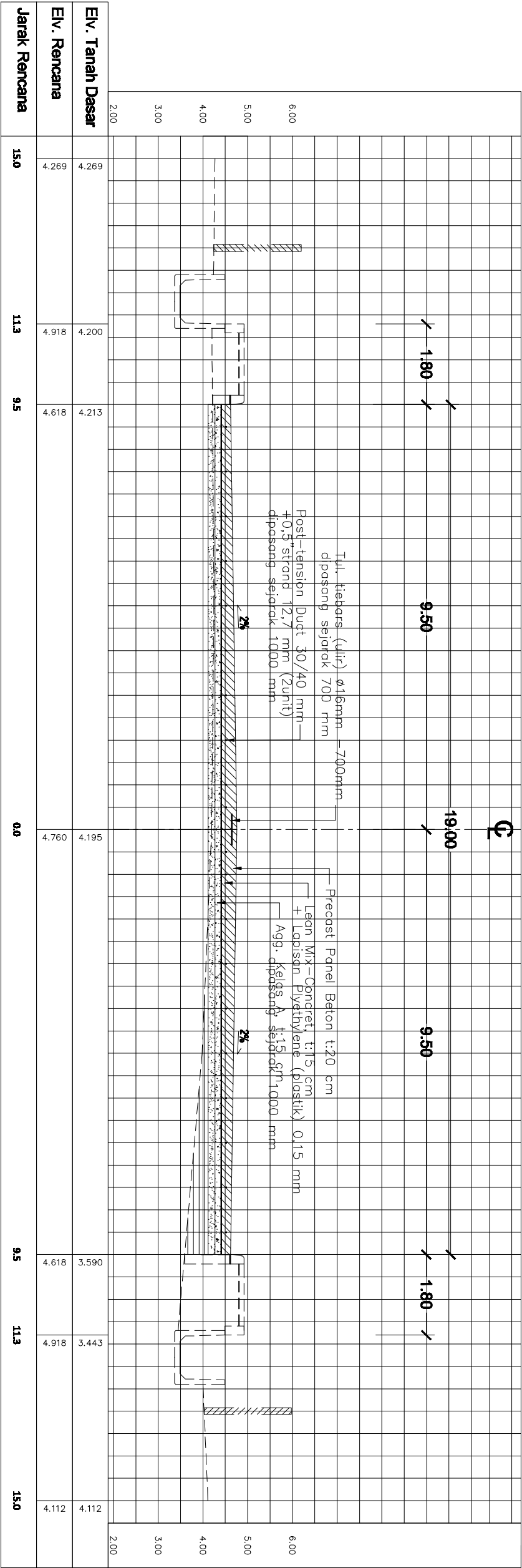
STA 5+300



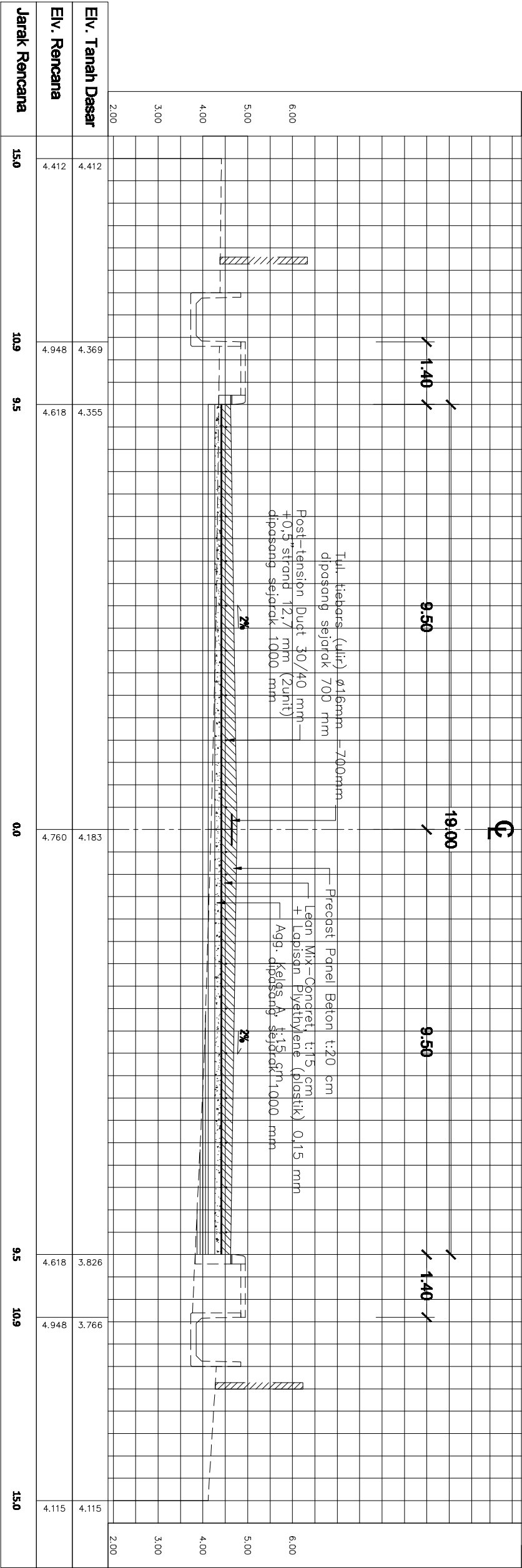
STA 5+650

[illegible]

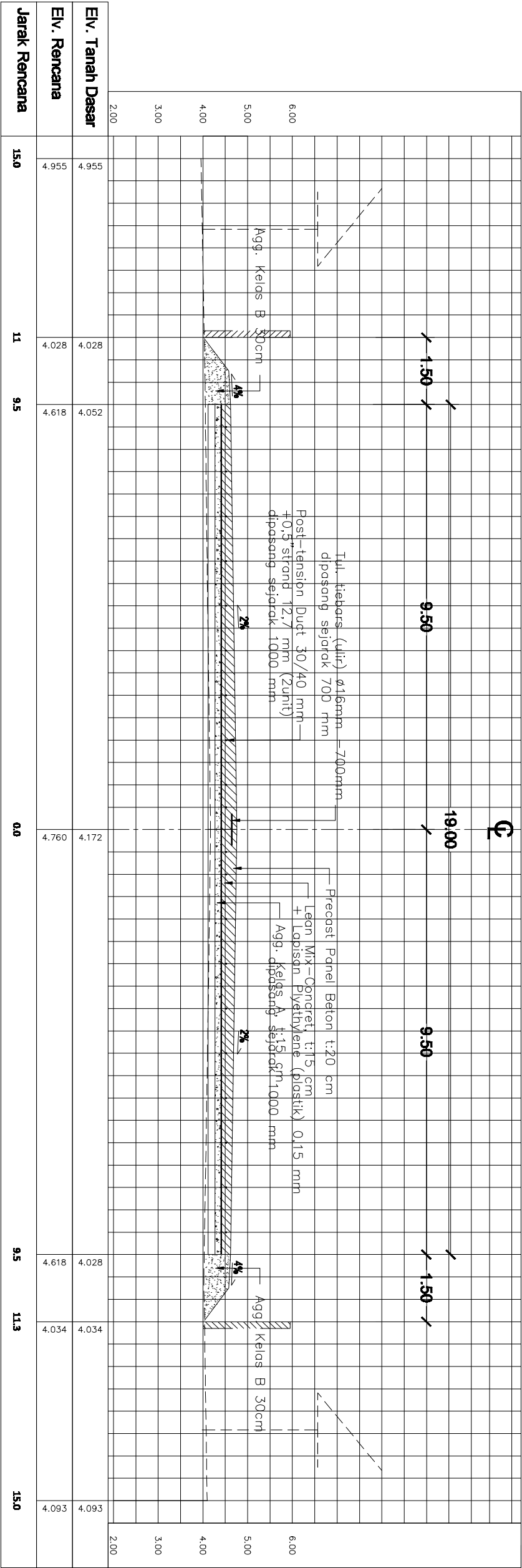
STA 6+000



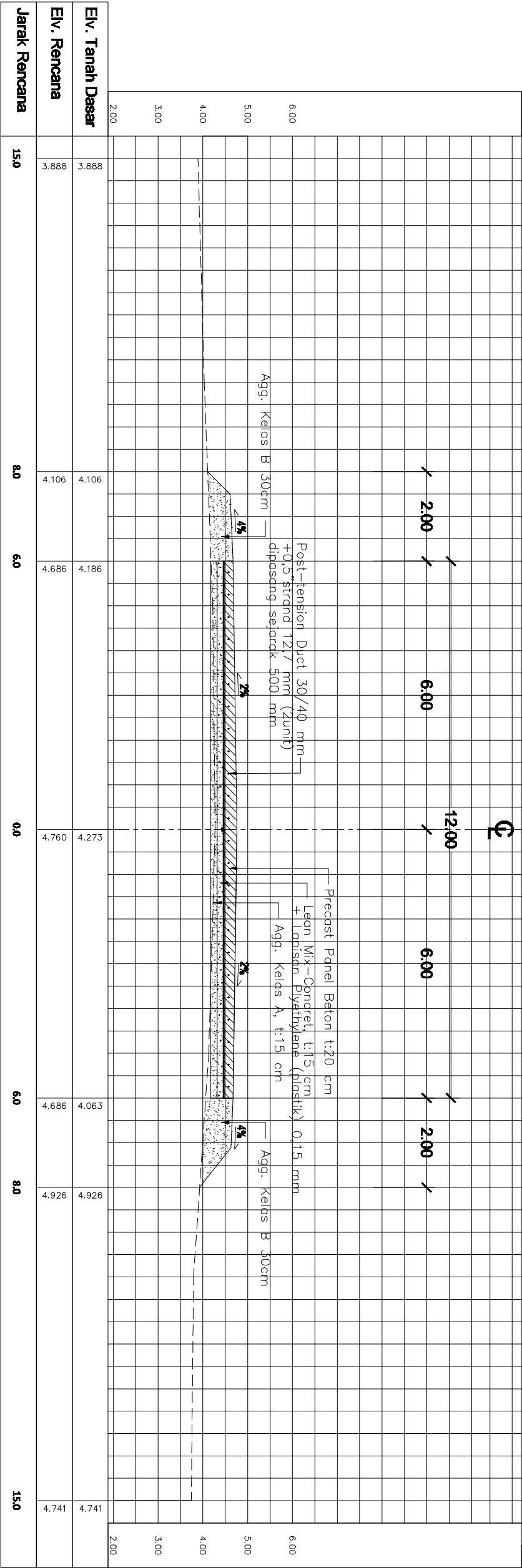
STA 6+350

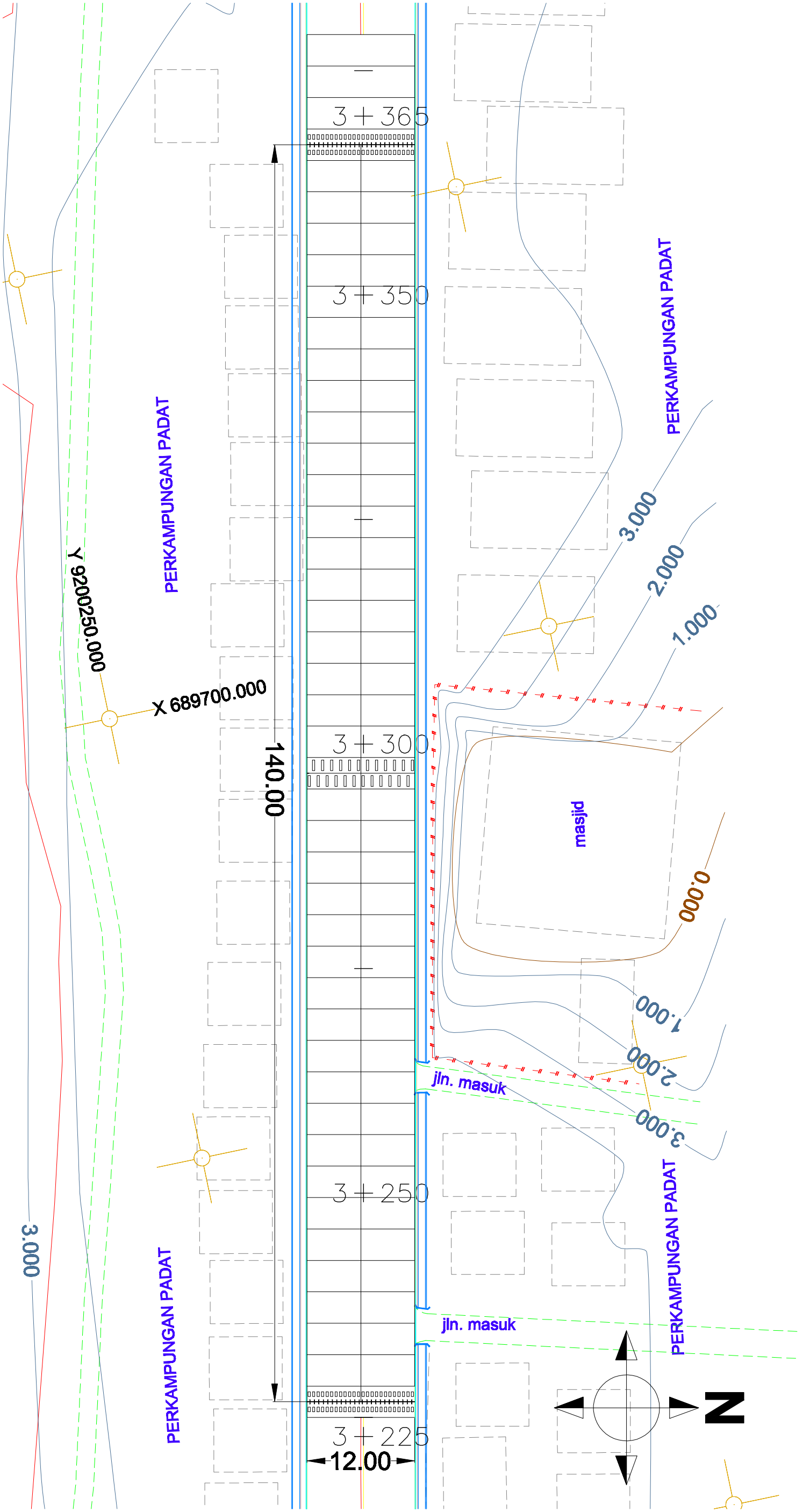


STA 6+700




STA 7+050

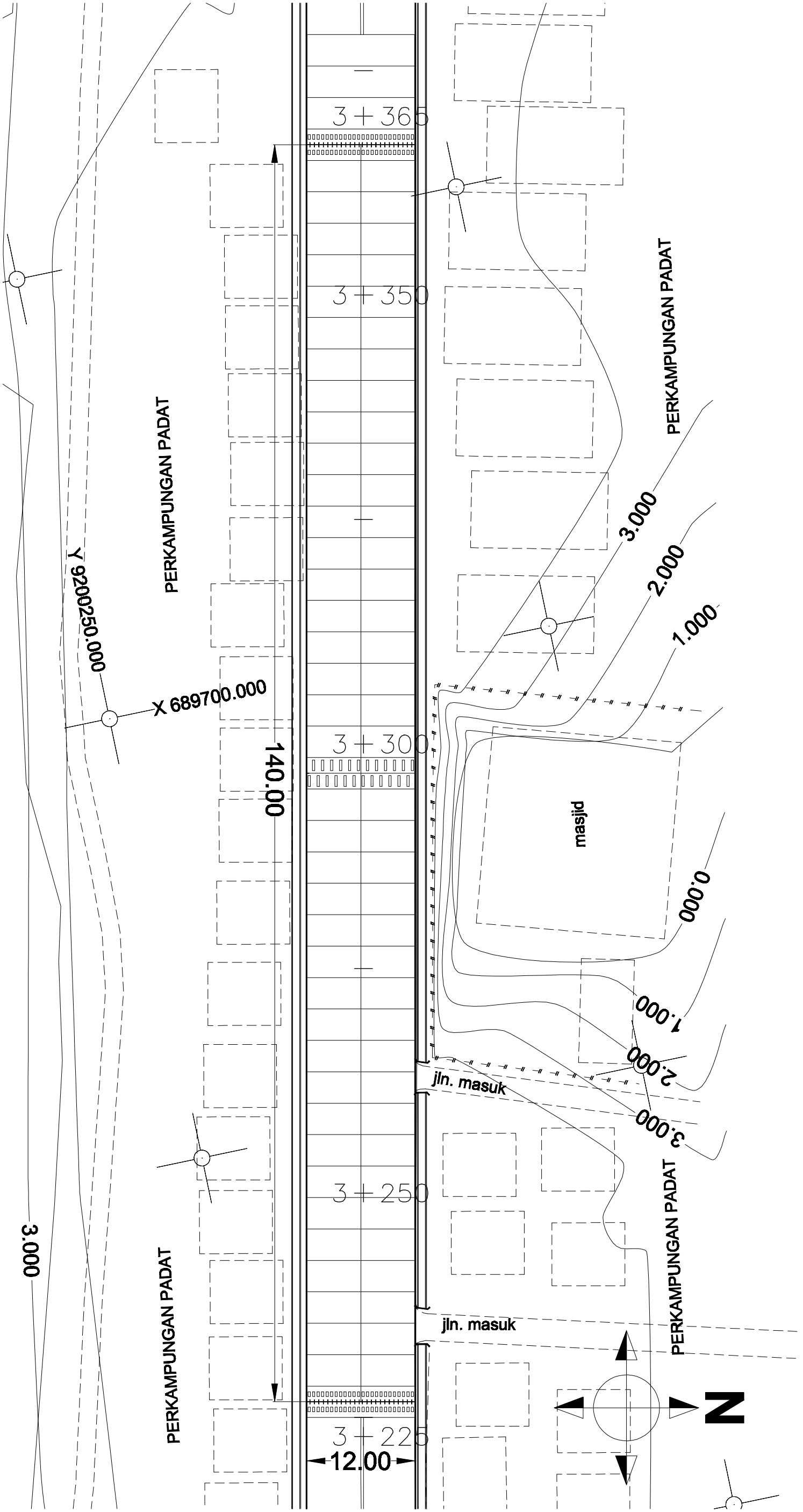




PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP


SKALA 1:1000

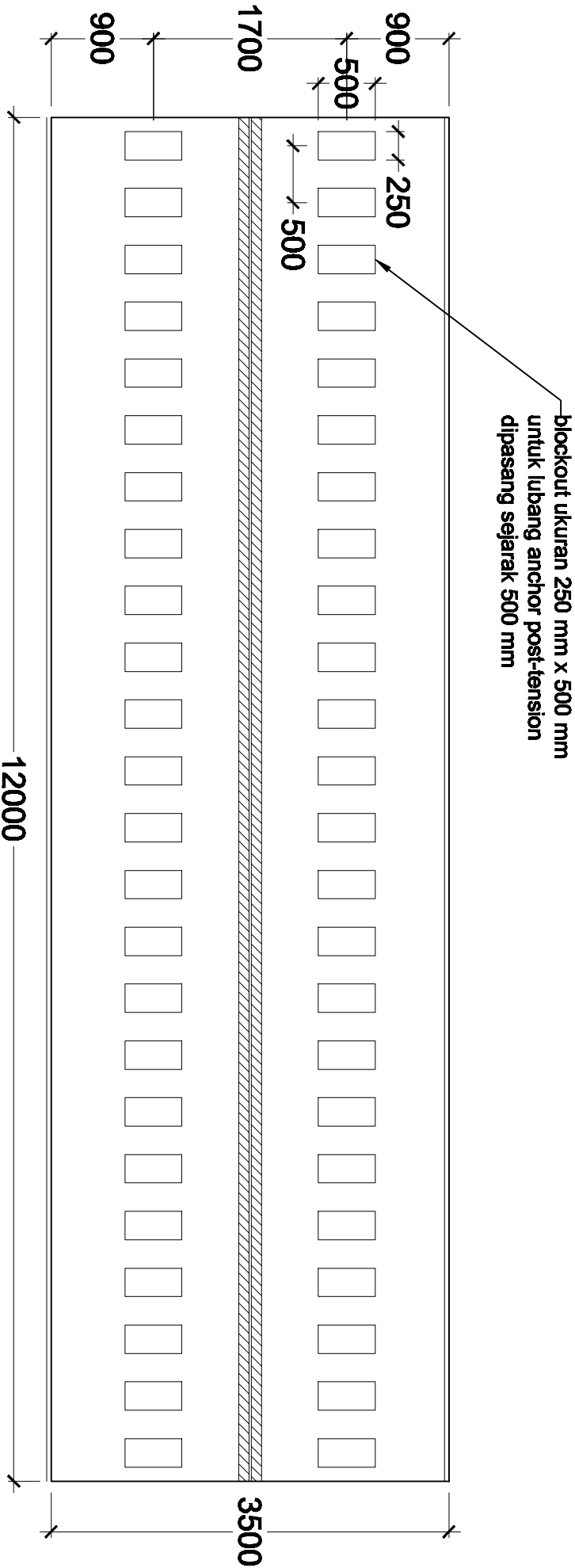
<div> ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	<div>INSTITUT / UNIVERSITAS</div>	<div>JUDUL TUGAS AKHIR</div>	<div>JUDUL GAMBAR</div>	<div>SKALA</div>	<div>MAHASISWA</div>	<div>DIPERIKSA</div>	<div>REVISI</div>		
	<div>PERENCANAAN LALANG JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + ITS - KOL 7 + 185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)</div>	<div>PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 12 m</div>	<div>1 : 1000</div>	<div>ARIS EFTENDI NRP. 3115 105 016</div>	<div>DOSEN KONSULTASI :</div>	<div>Ir. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020308 180805 1 012 Ir. Muzli Immanuel, MS NRP. 18022008 180805 1 002</div>	<div>KODE GBR</div>	<div>NO. GBR</div>	<div>JUMLAH LBR</div>
								<div>01</div>	<div>07</div>



PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP

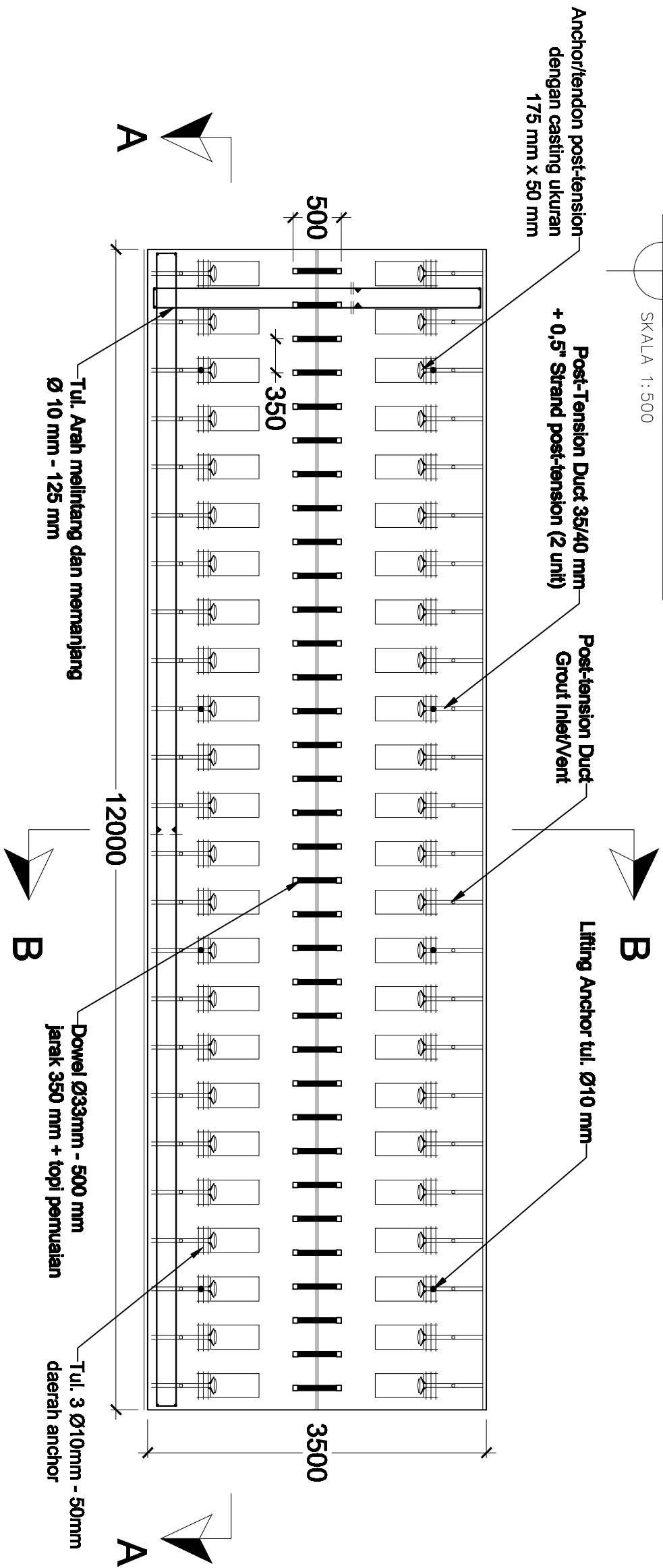
SKALA 1:1000

<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA DOSEN KONSULTASI :	REVISI		
PERENCANAAN LALANG JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + ITS - KOL 7 + 185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)		PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 12 m	1 : 1000 ARIS EFTENDI NRP. 3115 105 016	L. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020308 180803 1 012 L. Mulya Immanuel, MS NRP. 18022008 180803 1 002	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR		
						01	07		




DIMENSI JOINT PANEL

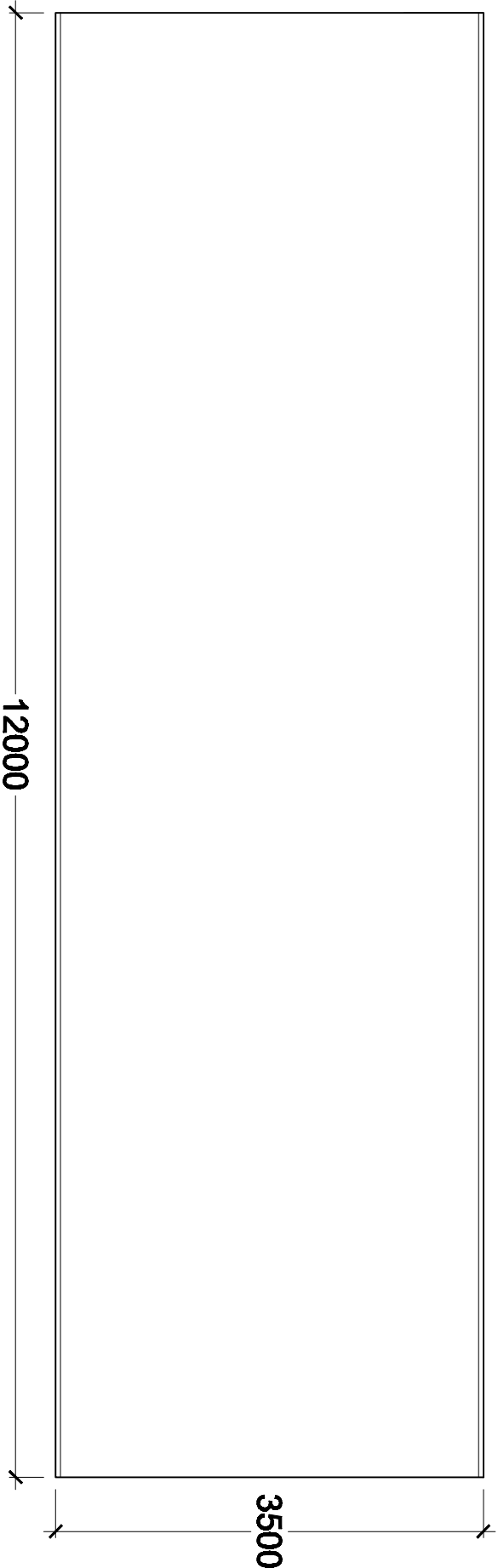
SKALA 1:500



DETAIL JOINT PANEL

SKALA 1:500

<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
PERENCANAAN LUBANG JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + ITS - KOL 7 + 185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT			DETAIL PANEL PCPP UKURAN 3,5 m x 12 m	1 : 500	ANGG EFERENDI NRP. 3115 105 016	Dosen Konsultasi : <div><div>Ir. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020305 180303 1 012</div><div>Ir. Haryo Immanuel, MS NRP. 18022009 180303 1 002</div></div>	<table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td></td><td>02</td><td>07</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR		02	07
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR											
	02	07											




DIMENSI BASE PANEL

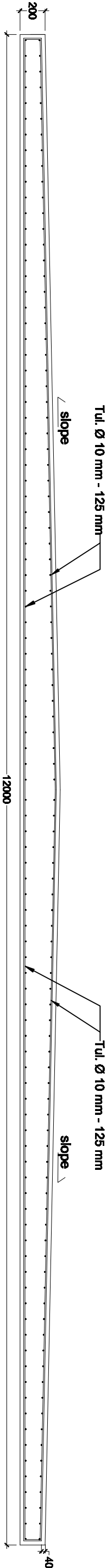
SKALA 1:500



DETAIL BASE PANEL

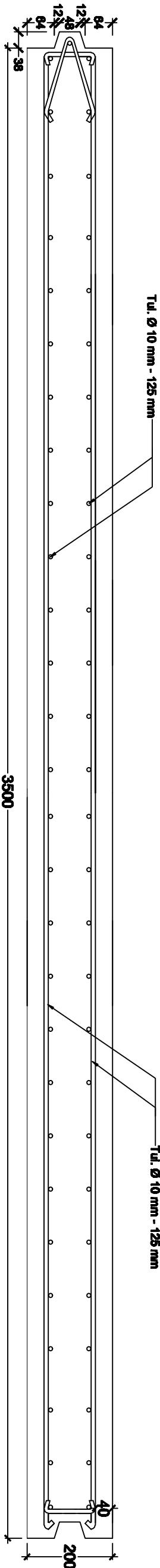
SKALA 1:500

<div><div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA DOSEN KONSULTASI :	REVISI		
PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL. 3 + TB - KOL. 7 + 166 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)		DETAIL PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 12 m	1 : 500	ARIS EFTENDI NRP. 3115 105 016	<div><div>I. Wahyu Hidayat, MT NIP. 19820305 198003 1 012</div><div>I. Mulya Immanuel, MS NIP. 19822009 198003 1 002</div></div>				
		KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR					
			04	07					




POTONGAN A-A

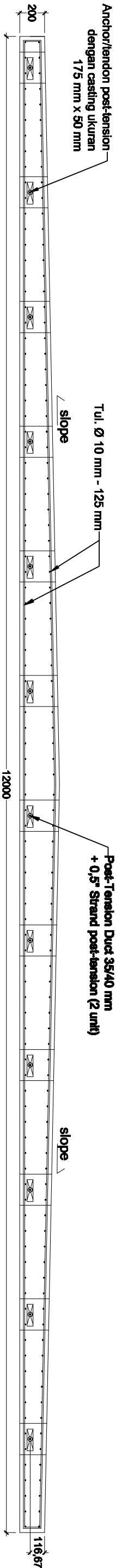
SKALA 1:300



POTONGAN B-B

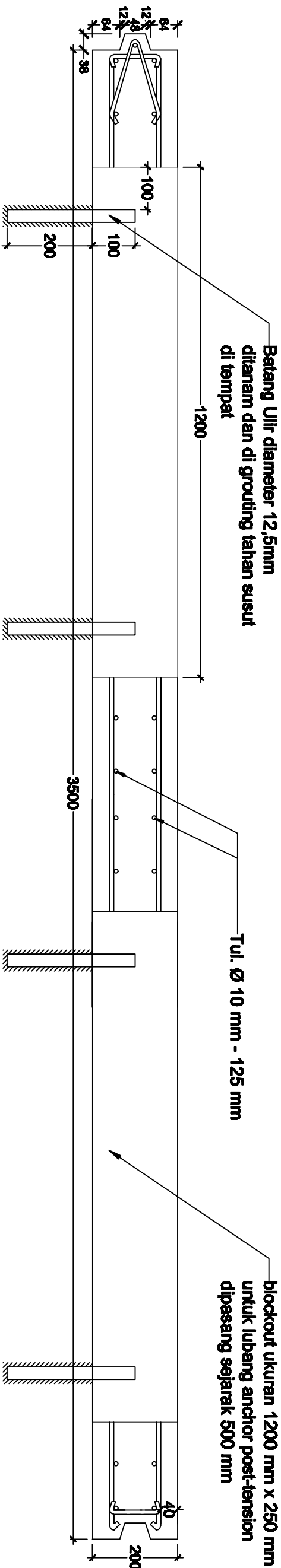
SKALA 1:100

<div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL. 3 + ITS - KOL. 7 + IBS MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)	DETAIL PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 12 m	1 : 300 1:100	ARIS EFFENDI NRP. 3115 105 016	I. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020305 18005 1 012 I. Hafid Immanuel, MS NRP. 18022005 18005 1 002				
					KODE GBR	NO. GBR	Jumlah LBR	
						05	07	




POTONGAN A-A

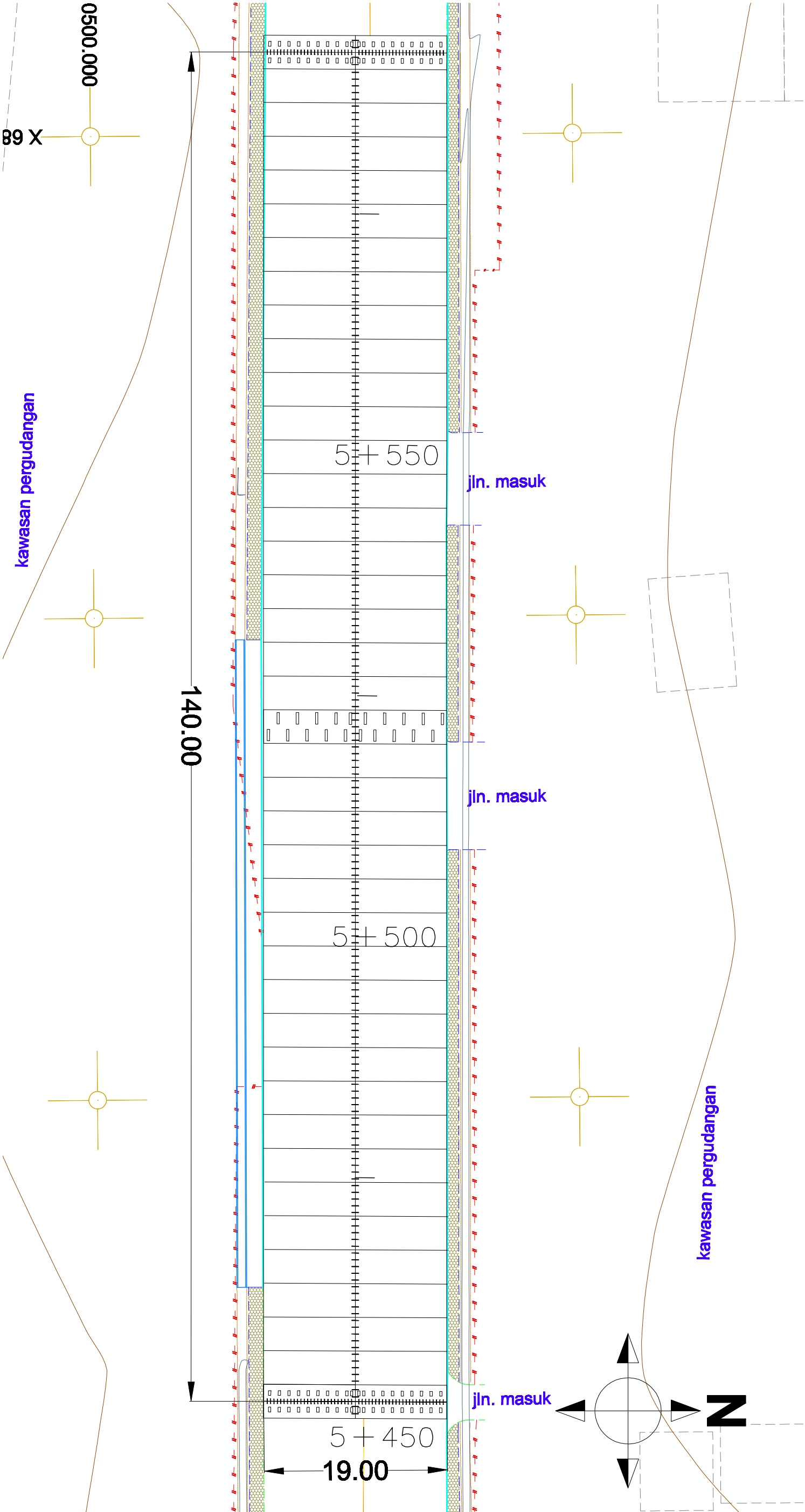
SKALA 1:300



POTONGAN B-B


SKALA 1:100

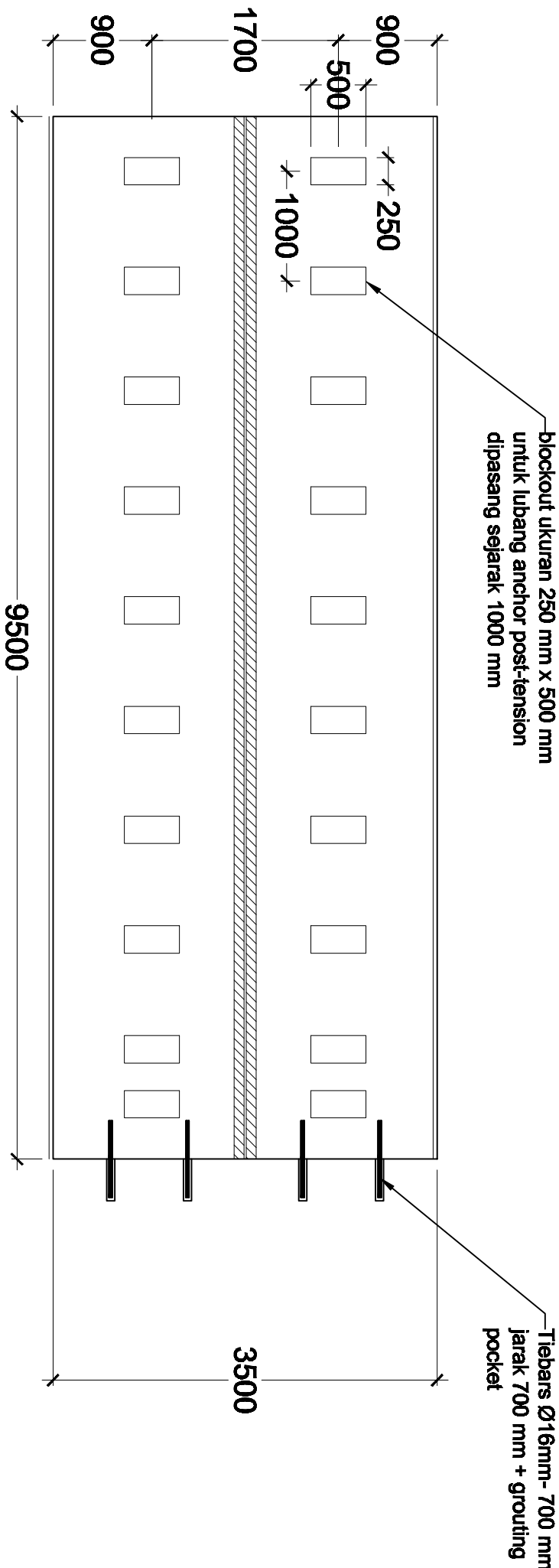
<div> ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	<div>INSTITUT / UNIVERSITAS</div>	<div>JUDUL TUGAS AKHIR</div>	<div>JUDUL GAMBAR</div>	<div>SKALA</div>	<div>MAHASISWA</div>	<div>DIPERIKSA</div>	<div>DOSEN KONSULTASI :</div>			<div>REVISI</div>		
		<div>PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + 175 - KOL 7 + 185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)</div>	<div>DETAIL PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 12 m</div>	<div>1 : 300 1 : 100</div>	<div>ARIS EFFENDI NRP. 3115 105 016</div>	<div>Ir. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18022005 18005 1 012 Ir. Haryo Imanan, MS NRP. 18022005 18005 1 002</div>				<div>KODE GBR</div>	<div>NO. GBR</div>	<div>JUMLAH LBR</div>
											<div>07</div>	<div>07</div>



PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP

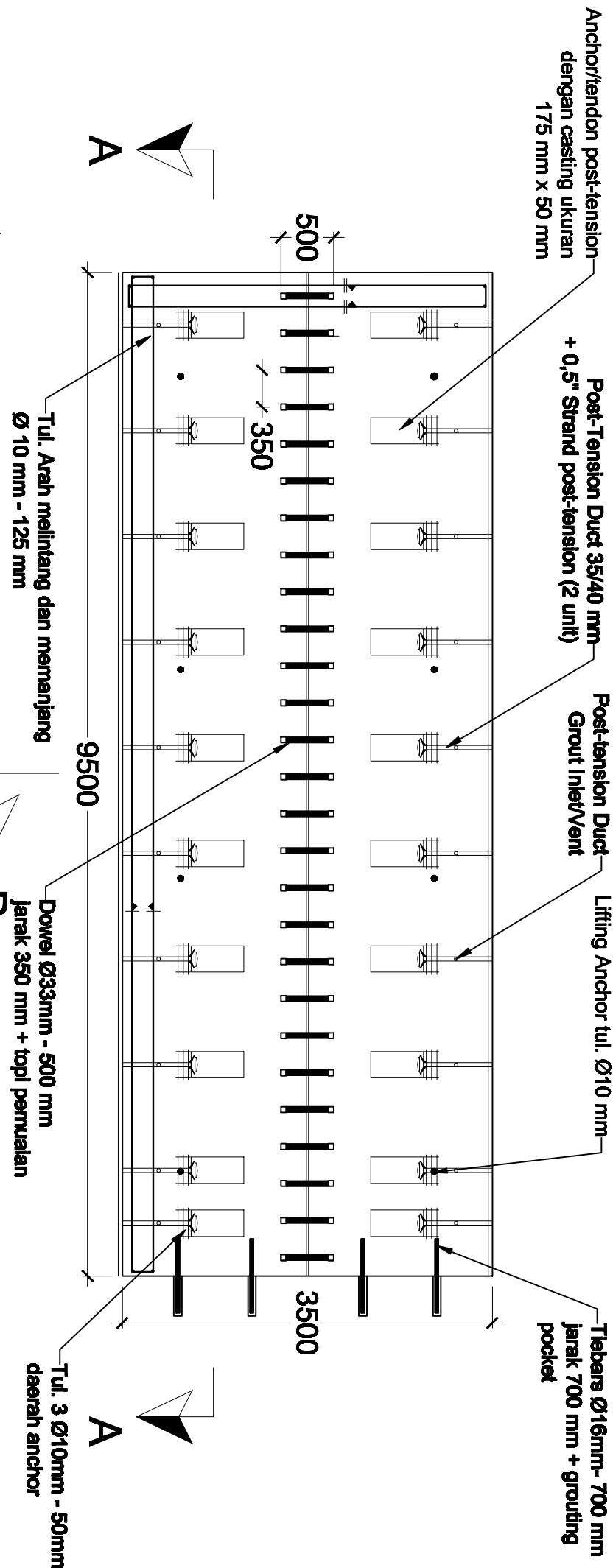
SKALA 1:1000

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL. 3 + ITS - KOL. 7 + 166 MENGGUNAKAN PERENCANAAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)	PLAN PEMASANGAN PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 9,5 m	1 : 1000	ARIS EFERDI NRP. 3115 105 016	Dosen Konsultasi : Ir. Wahyu Hidayat, MT NRP. 1802000 18000 1 012 Ir. Mulyo Imaning, MS NRP. 1802000 18000 1 002			
						KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
							01	07




DIMENSI JOINT PANEL

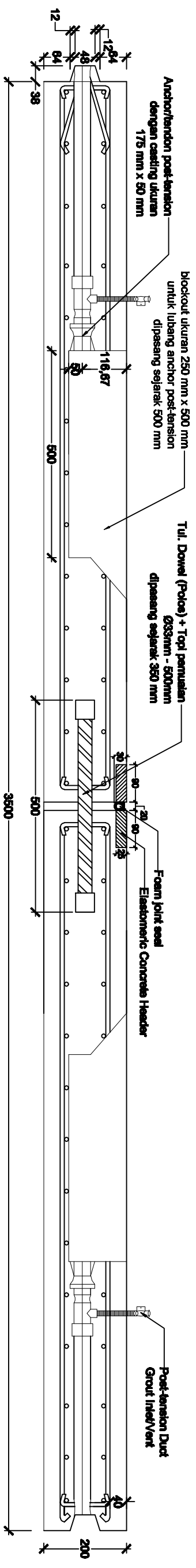
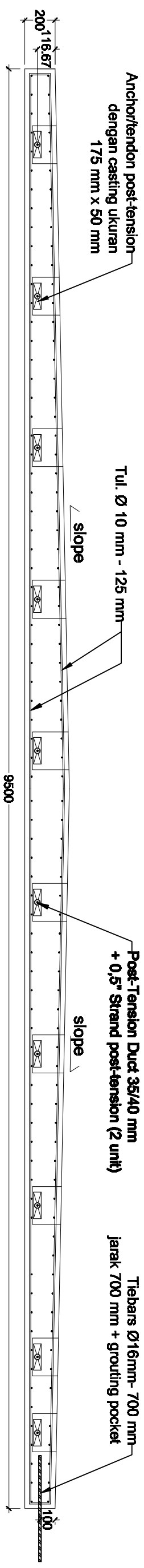
SKALA 1:500




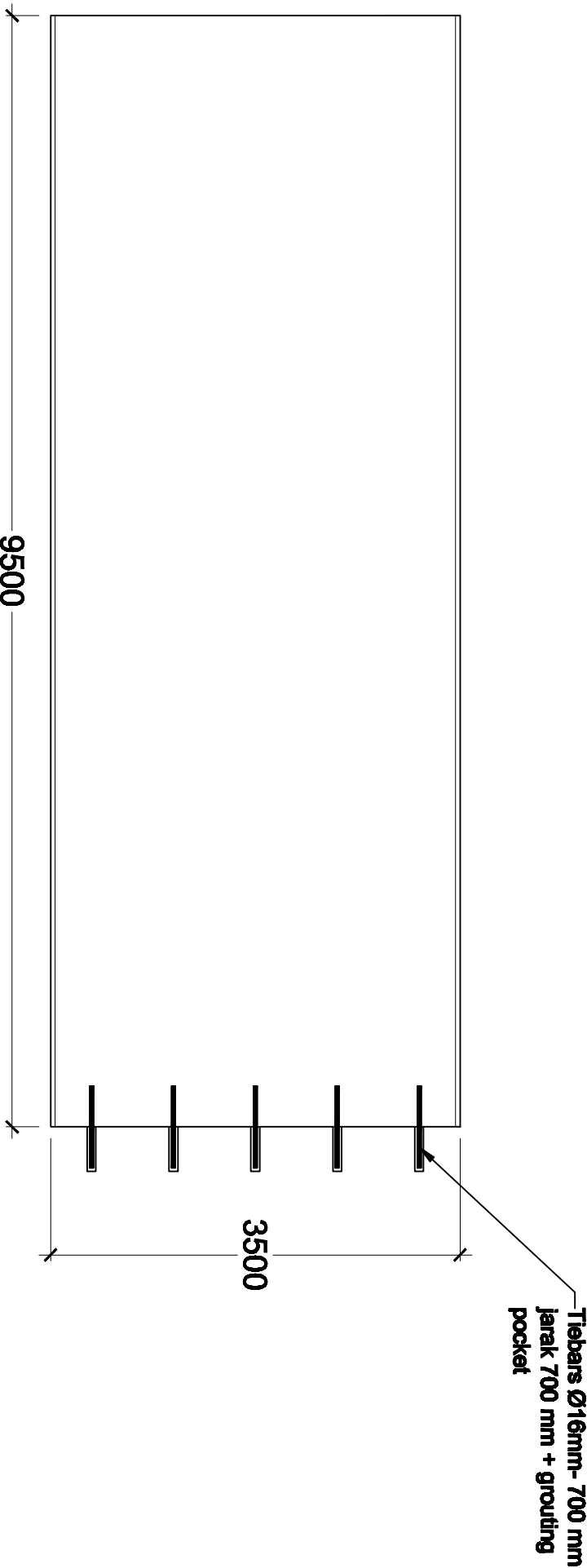
DETAIL JOINT PANEL

SKALA 1:500

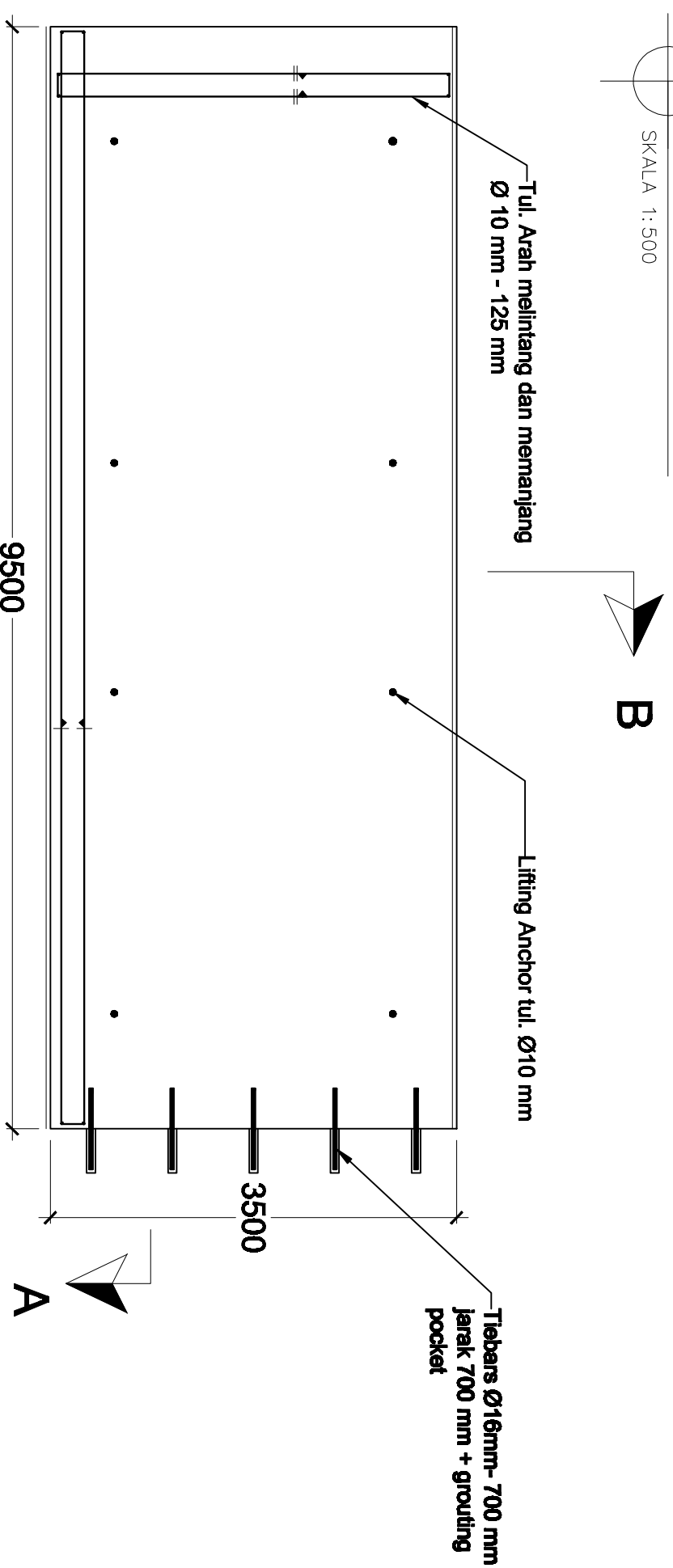
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA DOSEN KONSULTASI :	REVISI		
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PERENCANAAN LALANG JALAN SURABAYA - GRESIK KOL. 3 + ITS - KOL. 7 + 165 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)	DETAIL PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 9,5 m	1 : 500	ARIS EFTENDI NRP. 3115 105 016	<div><div>I. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020305 180303 1 012</div><div>E. Hidayat Immanuel, MS NRP. 18022005 180303 1 002</div></div>	KODE GBR		
						NO. GBR		JUMLAH LBR
						02		07




 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI		
	PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA - GRESEK KM. 3 + 176 - KM. 7 + 186 MENGGUNAKAN PERENCANAAN JALAN BETON DENGAN METODE PROCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)		DETAIL PANEL PROCP UKURAN 3,5 m x 9,5 m	1 : 300 1:100	ANGG ERENDI NRP. 3115 105 016	DOSEN KONSULTASI :	KODE GAR	NO. GAR	JUMLAH LBR
						I. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18022006 180603 1 012 I. Mulya Irmawati, MS NRP. 18022009 180603 1 002	03		07

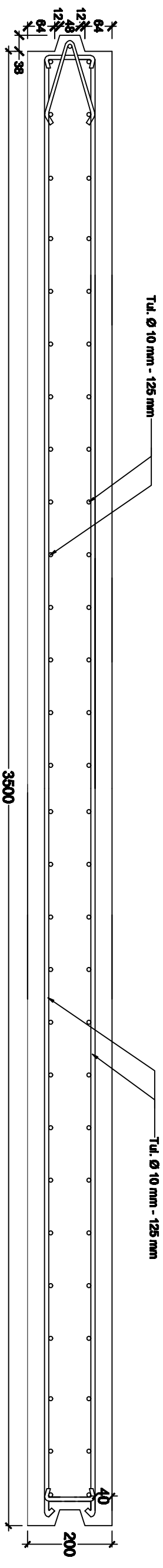
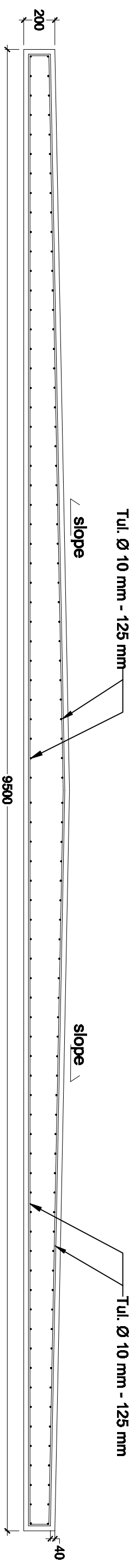



DIMENSI BASE PANEL
SKALA 1:500

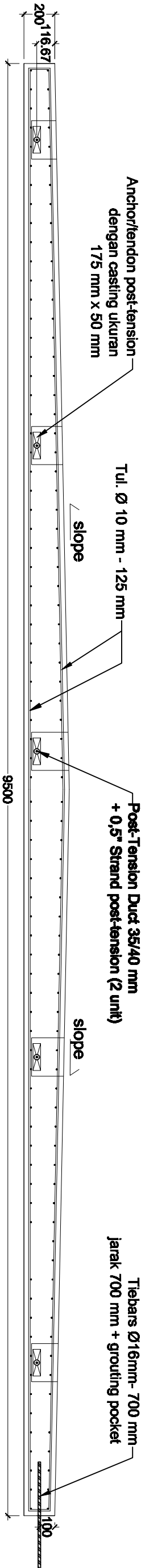


DETAIL BASE PANEL
SKALA 1:500

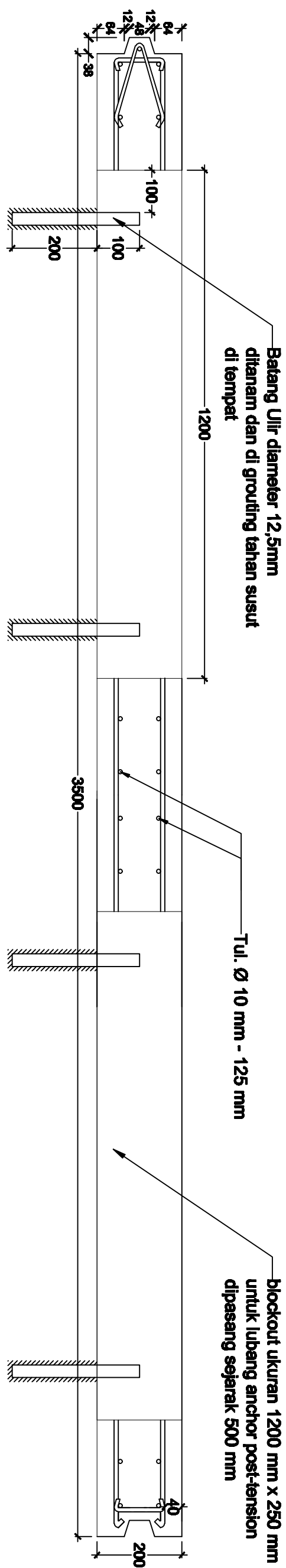
<div>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA DOSEN KONSULTASI :	REVISI		
<div>PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL. 3 + ITS - KOL. 7 + 166 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)</div>			DETAIL PANEL PCPP UKURAN 3,5 m x 9,5 m	1 : 500	ARIS EFTENDI NRP. 3115 105 016	Ir. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020305 180803 1 012 Ir. Mulya Immanuel, MS NRP. 18022005 180803 1 002			
							KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
								04	07




 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI						
		PENCAKUPAN ULANG JALAN SURABAYA - GREEK KOL 3 + 170 - KM. 7 + 185 MENGAJUKAN PERENCANAAN JALAN BERTUN DENGAN METODE PROCP (PRECAST PRESSURE CONCRETE PAVEMENT)	DETAIL PANEL PROCP UKURAN 3,5 m x 9,5 m 1 : 300 1:100 AARU ERTENYU NRP. 3115 105 016	Ir. Hidayat Hidayat MT NRP. 18022006 180603 1012 Ir. Mulyo Imananto MS NRP. 18022009 180603 1 002	<table><tr><td>KODE GAR</td><td>NO. GAR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td></td><td>05</td><td>07</td></tr></table>	KODE GAR	NO. GAR	JUMLAH LBR		05	07		
KODE GAR	NO. GAR	JUMLAH LBR											
	05	07											

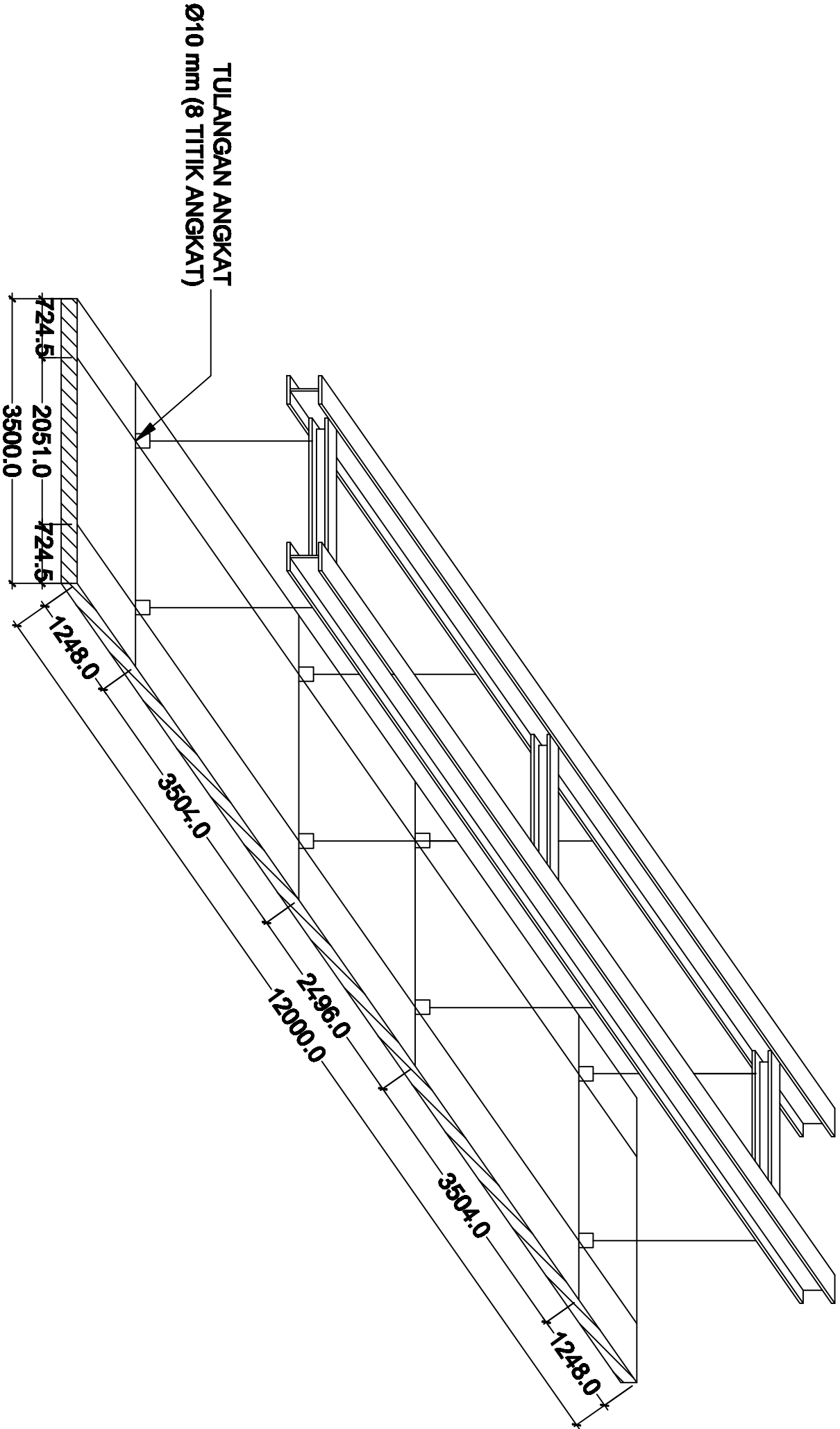


POTONGAN A-A
SKALA 1:300




POTONGAN B-B
SKALA 1:100

<div> ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div>	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA	REVISI								
PERENCANAAN JALAN SURABAYA - GRESIK KOL 3 + 175 - KOL 7 + 185 MENGGUNAKAN PERKERASAN JALAN BETON DENGAN METODE PPCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)		DETAIL PANEL PPCP UKURAN 3,5 m x 9,5 m	1 : 300 1:100	ARIS EFFENDI NRP. 3115 105 016	<div>Dosen Konsultasi : <div><div>I. Wahyu Hidayat, MT NRP. 18020305 180803 1 012</div><div>I. Haryo Imanan, MS NRP. 18022009 180803 1 002</div></div></div>	<table><tr><td>KODE GBR</td><td>NO. GBR</td><td>JUMLAH LBR</td></tr><tr><td></td><td>07</td><td>07</td></tr></table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR		07	07			
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR													
	07	07													



TITIK ANGKAT PANEL 3,5 m x 12 m
SKALA 1 : 500

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL PROPOSAL /TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	MAHASISWA	DIPERIKSA		
<div><div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div></div>	PERENCANAAN ULANG JALAN SURABAYA - GRESIK KAL. 3 + 175 - KAL. 7 + 185 MENGGUNAKAN PERGERAKAN JALAN BETON DENGAN METODE PCP (PRECAST PRESTRESS CONCRETE PAVEMENT)	LIFTING POINT PANEL PELAT BETON	1 : 500	ARIS ERENDI NRP. 3115 155 018	DOSEN PEMBIMBING :		
					Wahyu Hartono, Ir., MT., Ph.D NRP. 1952006 195003 1 012 Ir. Mulyo Imaning, MS NRP. 1952009 195003 1 002		
					REVISI		
					KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						02	02